



ПОДЗЕМНЫЕ  
РЕЗЕРВУАРЫ

ГЕНЕРАТОРЫ  
ВОДОРОДА



# Нефтегаз.RU

ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

ИНТЕРЕСНО О СЕРЬЕЗНОМ

ISSN 2410-3837

9 [153] 2024

## РАЗРАБОТКА ГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ



Входит в перечень ВАК (К1)

# «ФРАКДЖЕТ-ВОЛГА» КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К НЕФТЕСЕРВИСУ



За 15 лет работы «ФракДжет-Волга» стала комплексным нефтесервисным подрядчиком с арсеналом наукоемких технологий, широким спектром оказываемых услуг и 23 филиалами по всей России.

Какие достижения стоят за цифрой «15» и над какими перспективами работает коллектив компании – читайте в нашем юбилейном спецпроекте.

Приглашаем вас посетить стенд «ФракДжет-Волга» на Петербургском международном газовом форуме!

8–11 октября 2024 | Павильон F | Стенд E2



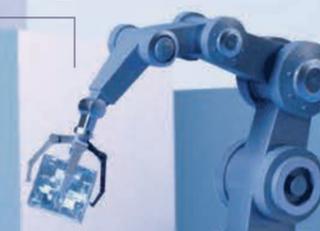
# НОВЫЕ ПОДХОДЫ К БЕЗОПАСНОСТИ ТЭК

ВЗГЛЯД ИЗ КОСМОСА ↘



ЦИФРОВАЯ БУРОВАЯ —  
↙ НОВАЯ СТУПЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ

АВТОМАТИЗАЦИЯ  
И РОБОТЫ ↘



**НЕ ВКЛЮЧАТЬ  
РАБОТАЮТ ЛЮДИ**

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР ↗



↑ ИСКУССТВЕННЫЙ  
ИНТЕЛЛЕКТ

ЗАЩИТА ПРОМЫШЛЕННОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ ↙



↗ ПОЛИТИКА БЕЗОПАСНОСТИ



↗ НОВОСТИ



СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЙ ↙

ГАЗСТРОЙПРОМ  
СТРОЙТРАНСНЕФТЕГАЗ 20 СТИГ

↙ ЗАЩИТА ДАННЫХ



↙ БПЛА: ЗАЩИТА И УГРОЗА



↑ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ



Safety.neftegaz.ru

РЕКЛАМА

Обход ограничений больших языковых моделей при расчете индекса чистой энергии

20



Проблемы разработки газовых залежей Туронского яруса Западной Сибири

30



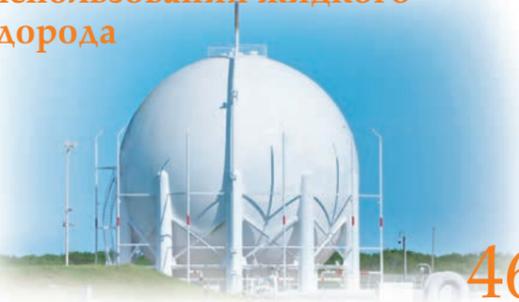
Твердоокисные электролизные элементы-генераторы водорода с рекордной эффективностью: исследования и разработки ИФТТ РАН

40



Современные и перспективные технологии производства, транспортировки и использования жидкого водорода

46



Эпохи НГК 4

### РОССИЯ Главное

Очередной пассаж или финальный тренд? 8

Арктик СПГ-2 впервые отправил партию в Азию 10

События 12

Первой строчкой 14

### ЦИФРОВИЗАЦИЯ

Новая ступень развития автоматизации бурения в России 16

Обход ограничений больших языковых моделей при расчете индекса чистой энергии 20

Цифровая трансформация в едином пространстве WELDBOOK 28

### ДОБЫЧА

Проблемы разработки газовых залежей Туронского яруса Западной Сибири 30

### ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ

Газотурбинные станции для предприятий нефте- и газодобычи 36

### ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Твердоокисные электролизные элементы – генераторы водорода с рекордной эффективностью: исследования и разработки ИФТТ РАН 40

Современные и перспективные технологии производства, транспортировки и использования жидкого водорода 46

Наноструктурированный материал для водородных картриджей на основе алюминия: получение и свойства 50

### ЖИЗНЬ КОМПАНИЙ

Лучшие из лучших 56

Эбуляционные насосы реакторов гидрокрекинга с кипящим слоем

62



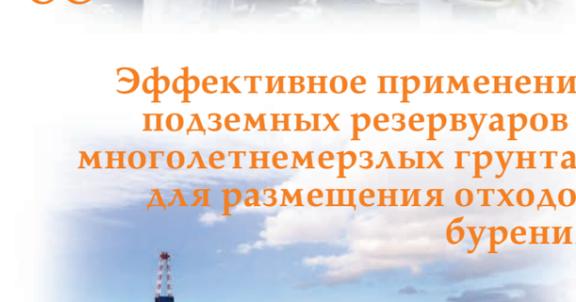
Рациональная технология извлечения сжиженных углеводородных газов на адсорбционной установке газоподготовки

68



Эффективное применение подземных резервуаров в многолетнемерзлых грунтах для размещения отходов бурения

84



Анализ модулей регулирования скорости магнитных дефектоскопов

88



Россия в заголовках 60

### ПЕРЕРАБОТКА

Эбуляционные насосы реакторов гидрокрекинга с кипящим слоем 62

Хронограф 66

### ГАЗОПОДГОТОВКА

Рациональная технология извлечения сжиженных углеводородных газов на адсорбционной установке газоподготовки 68

### ГОСРЕГУЛИРОВАНИЕ

Развитие внешнеэкономических взаимодействий в нефтегазовом комплексе на современном этапе цифровых и технологических преобразований 74

### ТРАНСПОРТИРОВКА И ХРАНЕНИЕ

Эффективное применение подземных резервуаров в многолетнемерзлых грунтах для размещения отходов бурения 84

Анализ модулей регулирования скорости магнитных дефектоскопов 88

### MODUS VIVENDI

Диверсифицируем портфель: инвестиции в премиальную недвижимость Москвы как надежная стратегия 94

Лето продолжается на Мальдивах с JW Marriott Maldives Resort & Spa 98

Бутик-отель «Родники» 100

### АРКТИКА

Развитие инфокоммуникационных технологий в Арктическом бассейне 102

Новости науки 106

Нефтегаз Life 108

Классификатор 110

Календарь событий 111

Цитаты 112

## 217 лет назад

В 1807 году на лондонской улице Пэлл-Мэлл зажглись первые в мире газовые фонари.

## 178 лет назад

В 1846 году в поселке Биби-Эйбат близ Баку горный инженер Семенов пробурил первую в мире нефтяную скважину.

## 175 лет назад

В 1849 году в качестве воздушного судна-носителя был впервые применен беспилотный летательный аппарат.

## 154 года назад

В 1870 году была основана первая в мире нефтяная компания Standard Oil Company.

## 151 год назад

В 1873 году в Петербурге на Одесской улице появились первые в мире электрические фонари.

## 146 лет назад

В 1878 году в Нортумберленде начала генерировать энергию первая в мире ГЭС, разработанная английским изобретателем Уильямом Джорджем Армстронгом.

## 116 лет назад

В 1908 году Томас Алва Эдисон построил в своем гараже в Вест-Ориндже одну из первых зарядных станций для электромобилей.

## 70 лет назад

В 1954 году в поселке Обнинское Калужской области был осуществлен пуск первой в мире атомной электростанции.

## 53 года назад

В 1971 году было отменено обеспечение стоимости доллара запасами реального золота, что повлекло появление свободно плавающих цен на нефть.

## 42 года назад

В 1982 году из скважины № 1 на Песчаноозерной площади на острове Колгуев в Баренцевом море с глубины 1 тыс. 972 м был получен первый в мире приток нефти в Арктическом регионе.

Издательство Neftegaz.RU

### РЕДАКЦИЯ

**Главный редактор**  
Ольга Бахтина

**Шеф-редактор**  
Анна Павлихина

**Редактор**  
Анастасия Никитина

**Аналитики**  
Анатолий Чижевский  
Дарья Беляева

**Журналисты**  
Анна Игнатьева  
Елена Алифирова  
Анастасия Гончаренко  
Анастасия Хасанова  
Анна Шевченко

**Дизайн и верстка**  
Елена Валетова

**Корректор**  
Виктор Блохин

### РЕДКОЛЛЕГИЯ

**Ампилов Юрий Петрович**  
д.т.н., профессор, МГУ им. М.В. Ломоносова

**Алюнов Александр Николаевич**  
к.т.н., ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»

**Бажин Владимир Юрьевич**  
д.т.н., эксперт РАН, Санкт-Петербургский горный университет

**Гриценко Александр Иванович**  
д.т.н., профессор, академик РАЕН

**Гусев Юрий Павлович**  
к.т.н., профессор, ФГБОУ ВПО НИУ МЭИ

**Данилов-Данильян Виктор Иванович**  
д.э.н., профессор, член-корреспондент РАН, Институт водных проблем РАН

**Двойников Михаил Владимирович**  
д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский горный университет

**Еремин Николай Александрович**  
д.т.н., профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина

**Илюхин Андрей Владимирович**  
д.т.н., профессор, Советник РААСН, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

**Каневская Регина Дмитриевна**  
действительный член РАЕН, д.т.н., профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина

**Макаров Алексей Александрович**  
д.э.н., профессор, академик РАН, Институт энергетических исследований РАН

**Мастепанов Алексей Михайлович**  
д.э.н., профессор, академик РАЕН, Институт энергетической стратегии

**Панкратов Дмитрий Леонидович**  
д.т.н., профессор, Набережночелнинский институт

**Половинкин Валерий Николаевич**  
научный руководитель ФГУП «Крыловский государственный научный центр», д.т.н., профессор, эксперт РАН

**Салыгин Валерий Иванович**  
д.т.н., член-корреспондент РАН, профессор МИЭП МГИМО МИД РФ

**Третьяк Александр Яковлевич**  
д.т.н., профессор, Южно-Российский государственный политехнический университет, академик РАЕН



Издательство:  
ООО Информационное агентство  
Neftegaz.RU

**Директор**  
Ольга Бахтина

**Отдел рекламы**  
Дмитрий Аверьянов  
Валентина Горбунова  
Анна Егорова  
Марина Шевченко

Галина Зуева  
Евгений Короленко

account@neftgaz.ru  
Тел.: +7 (495) 778-41-01

**Служба технической поддержки**  
Сергей Прибыткин

**Выставки, конференции, распространение**  
Мария Короткова

**Отдел по работе с клиентами**  
Екатерина Данильчук

Деловой журнал Neftegaz.RU зарегистрирован федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия в 2007 году, свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-46285

**Адрес редакции:**  
123001, г. Москва, Благовещенский пер., д. 3, с.1  
Тел.: +7 (495) 778-41-01  
www.neftgaz.ru  
e-mail: info@neftgaz.ru  
Подписной индекс Урал Пресс 013265

Перепечатка материалов журнала Neftegaz.RU невозможна без письменного разрешения главного редактора. Редакция не несет ответственности за достоверность информации, опубликованной в рекламных объявлениях, а также за политические, технологические, экономические и правовые прогнозы, представленные аналитиками. Ответственность за инвестиционные решения, принятые после прочтения журнала, несет инвестор.

Отпечатано в типографии «МЕДИАКОЛОР»

Заявленный тираж  
8000 экземпляров



9 772410 383004



Котировки  
**Brent**  
опустились  
до минимума с конца  
2021 года

В конце лета нефть марки  
**Urals**  
продавалась с самым низким  
дисконтом с сентября  
2023 года

Пик потребления нефти  
наступит  
в **2029**  
году

Китай снизил импорт  
нефти почти  
на **3%**  
по сравнению с 2023 годом

## ОЧЕРЕДНОЙ ПАССАЖ ИЛИ ФИНАЛЬНЫЙ ТРЕНД?

Анна Павлихина

Смена календарных сезонов в этом году прошла под знаком негативного тренда в нефтяной отрасли: цены на нефть демонстрировали перманентное падение, породив массу предположений и ожиданий, включая околоапокалиптические. Возможно, не без основания?

В середине августа нефть подешевела на 0,1%, на следующей неделе – на 0,7%, к концу месяца падение достигло 2,6%, а в начале сентября цены снизились на 11%. В результате котировки Brent опустились до минимум с конца 2021 года, а Urals – до начала февраля. На фоне этих событий рубль и юань подешевели, а страны ОПЕК+ отказались от идеи снять в октябре добровольные ограничения по добыче.

На фоне последних геополитических событий – нестабильности на Ближнем Востоке, санкций и контрсанкций – участники нефтяного рынка привыкли к его волатильности. Но между разовым скачком и затянувшимся на месяц процессом большая разница. Эта разница и стала причиной разногласий, разделивших аналитиков на два лагеря: тех, кто видит в продолжительном снижении цены локальные колебания рынка, и тех, кто считает это выходом на финишную прямую, ведущую к миру без нефти. Истина, как всегда, где-то посередине.

Первые считают, что низкие цены скажутся на экономике России и на ее нефтяных компаниях только в случае, если ситуация затянется. Но даже тогда



последствия не будут иметь характер непоправимых. Сторонники этого мнения исходят из того, что налоги рассчитываются исходя из средней цены, которая и за месяц, и за год, была вполне удобной для бюджета. В конце лета нефть марки Urals продавалась с самым низким дисконтом с сентября прошлого года, а учитывая, что Brent в среднем по году торговалась на уровне 82,8 долл за барр, доходы в казну оправдывают ожидания. Августовское падение цен связывают с предстоящими выборами в США и предполагают, что к концу года баррель нефти дотянет до 80 долл. Аналитики, придерживающиеся этого мнения, по-прежнему отводят значительную роль решениям ОПЕК+ в регулировании рынка.

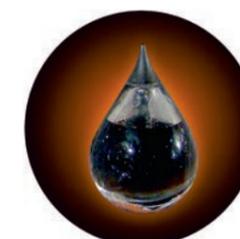
Сторонники выводов о глобальном смещении парадигмы на нефтяном рынке считают, что причины, приведшие к падению цен, являются логическим продолжением цепочки событий, составляющих жизненный цикл нефтяной эпохи, уже исчерпавшей свои возможности и уступающей место новым энергоносителям. В частности, они указывают на динамику развития возобновляемой энергетики и увеличение доли транспорта, работающего на электричестве и сжиженном природном газе. Эти причины, привели к падению спроса на нефть со стороны США, а также Китая, где эти причины дополнились кризисом в строительной отрасли. Свою лепту внес научно-технический прогресс, разработки

последнего времени направлены главным образом на повышение энергоэффективности. Оборудование, автомобили, системы отопления сегодня потребляют меньше энергии, чем пять-десять лет назад. Это также сказывается на уровне спроса на энергоносители.

Принимая во внимание эти обстоятельства, эксперты утверждают, что развитые страны мира неуклонно приближаются к пику потребления нефти. Для большинства из них он наступит в 2029 году, при этом уровень ненамного превысит сегодняшний. Другими, например Китаем, высшая точка потребления будет пройдена уже в этом году. В качестве доказательства приводится снижение импорта нефти почти на 3% по сравнению с 2023 годом, а причину видят в снижении роста экономики и численности населения страны. Третий этот пик уже прошли. Так, Европа уже на протяжении двадцати лет снижает потребление нефти за счет внедрения энергосберегающих технологий и возобновляемых источников энергии. Примерно столько же времени снижают зависимость от нефти Соединенные Штаты, несмотря на рост экономики и увеличение численности населения страны.

В отличие от первой группы экспертов, сторонники глобальных перемен не видят в ОПЕК+ силы, способной корректировать ситуацию на рынке. Они убеждены, что рост добычи странами, не входящими в ОПЕК, сведет на нет любые усилия по удержанию цены за счет ограничений нефтедобычи. Свою роль в этом снова играет развитие технологий. За последние годы новые разработки привели к снижению расходов на бурение и добычу в латиноамериканских странах почти вдвое, что делает ее рентабельной при снижающихся ценах на нефть.

В этих условиях страны ОПЕК будут вынуждены наращивать добычу и снижать цены, что сократит экспортные возможности стран, находящихся под санкциями, но, вероятно, продлит период энергоперехода. ●



## «АРКТИК СПГ-2» ВПЕРВЫЕ ОТПРАВИЛ ПАРТИЮ В АЗИЮ

Анастасия Хасанова

СПГ-завод «Арктик СПГ-2», находящийся под санкциями США, впервые направил партию сжиженного природного газа в Азию. Танкер-газовоз Everest Energy забрал партию СПГ с завода «Арктик СПГ-2» на северо-востоке России и направился в Азию по Северному морскому пути. В августе 2024 г. на танкер были наложены санкции США из-за его связи с предполагаемым теневым флотом, а на прошлой неделе Международный судовой реестр Палау окончательно отменил его регистрацию. Конечный маршрут танкера-газовоза Everest Energy неизвестен: груз с СПГ может быть доставлен на Камчатский морской плавучий комплекс, включающий Корякское плавучее хранилище газа СПГ на Камчатке, которым управляет Арктическая перевалка – дочка НОВАТЭКа. Не исключается вариант доставки на СПГ-терминал в странах АТР. О том, что танкер-газовоз Everest Energy может забрать очередную партию СПГ с «Арктик СПГ-2», стало известно 23 августа 2024 г. Тогда отмечалось, что Everest Energy остановился в Баренцевом море к северо-востоку от Норвегии. Трек судна представлял собой эллипс. Также ранее вели себя танкеры-газовозы Asya Energy и Pioneer, которые иностранные СМИ относят к теневому флоту газозовов, собранному РФ для вывоза СПГ с «Арктик СПГ-2». Все три танкера-газовоза – Pioneer, Asya Energy и Everest Energy – по данным глобальной базы данных судоходства Equasis, управляются компанией Ocean Speedstar Solution – индийской компанией, управляющей только этими тремя судами. В реестре разрешений на плавание судов в акватории СМП Pioneer, Asya Energy и Everest Energy не значатся. Также в конце августа стало известно, что Россия включила в свой теневой флот плавучее хранилище СПГ Saam FSU, построенное для морского перегрузочного комплекса НОВАТЭКа в Мурманской области. Отмечалось, что танкер-газовоз Everest Energy, находящийся с недавнего времени под санкциями США, стоит рядом с Saam FSU, вероятно, СПГ-танкер осуществляет перевалку газа на плавучее хранилище, судно Everest Energy может использоваться в качестве танкера-челнока, для организации сообщения между проектом «Арктик СПГ-2» и FSU Saam. ●

## Рейтинги Neftegaz.RU

Согласно данным МЭА, экспорт российской нефти и нефтепродуктов в августе сократился на 4%, продажа нефти снижается второй месяц подряд и сейчас находится на самом низком уровне с марта 2021 года. Как следствие упала и прибыль от продажи нефти, сократившись на 9,5%. В чем причина снижения продаж?

### Почему Россия стала продавать меньше нефти?

- 31%**  
Российские компании выполняли обязательства по сокращению добычи, взятые по соглашению с ОПЕК+
  - 15%**  
Причина в сезонном снижении мирового спроса
  - 23%**  
Продажи упали из-за снижения добычи по причине техобслуживания месторождений
  - 21%**  
Российским компаниям сложно продавать нефть из-за санкций
  - 10%**  
Продажи не упали, у Международного энергетического агентства неточные данные
- В конце 2024 года истекает срок контракта о транзите российского газа в Европу через территорию Украины. В последнее время появилось немало оснований предполагать, что Украина может отказаться от продления договора. Что в этом случае ждет европейских потребителей?
- ### Что ждет Европу, если Украина откажется продлевать транзитный договор?
- 29%**  
Российский газ все равно будет поступать в Европу в законтрактованном объеме, по МГП Турецкий поток
  - 18%**  
Цены на газ в странах ЕС значительно вырастут
  - 12%**  
Европа будет получать российский газ, но в меньшем объеме
  - 10%**  
Европейским потребителям хватит СПГ и ежегодно растущих мощностей ВИЭ
  - 31%**  
Украина не откажется от транспортировки российского газа через свою территорию, так как это лишит ее столь необходимых сейчас финансовых поступлений



Springs 

Wellness-резиденции  
с панорамными видами  
на Филевский парк

 Авторская отделка

 Фитнес & СПА

 Бионическая архитектура



springs.house

Реклама. Не является публичной офертой. Спрингс. Велнес. Юник Девелопмент. Застройщик ООО СЗ «Спрингс». Проектная декларация на сайте наш.дом.рф.

UNIQ  
DEVELOPMENT

Обвал рынка акций  
Выборы президента  
Газовые войны  
Запуск нового производства  
Северный поток  
Слияние капиталов  
Новый глава Роснефти  
Цены на нефть

Второй венка ВСТО  
Богучанская ТЭС запущена  
Продажа квот  
Цены на газ  
Южный поток  
Дошли руки до Арктики  
Северный поток достроили

## Шаг в развитии реакторных технологий

Специалисты отделения топливных технологий Научно-исследовательского института атомных реакторов (НИИАР, Димитровград, входит в научный дивизион Росатома) изготовили опытную партию тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) с виброуплотненным уран-плутониевым МОКС-топливом для многоцелевого быстрого исследовательского реактора. В будущем такие тепловыделяющие элементы будут входить в состав штатных тепловыделяющих сборок, используемых в активной зоне строящегося на площадке института реактора. Конструкция ТВЭЛ обеспечивает высокую плотность нейтронного потока в активной зоне, что делает исследовательский реактор наиболее привлекательным аппаратом для проведения реакторных испытаний.

## Новый ГХК ЛУКОЙЛа

ЛУКОЙЛ начал строительство ГХК на заводе Ставролен (100%-ное дочернее предприятие компании) в г. Буденновск Ставропольского края.

**Россети запустила в эксплуатацию в Свердловской области ключевой питающий центр 110 кВ Чекмаш, являющийся важным компонентом в схеме выдачи мощности трех солнечных электростанций компании Хевел. Общая площадь трех солнечных электростанций – 90 га, а мощность – 37,9 МВт. Прогнозируемая выработка электроэнергии с этих станций составит около 40 млн кВт.ч/год**

**Датская Ørsted закрывает свою последнюю угольную электростанцию Esbjerg Power Station. С 2017 года компания является одной из крупнейших в мире по производству зеленой энергии. У нее еще остается уголь в качестве резервного топлива на время восстановления силосной башни. После этого компания полностью откажется от угля в качестве резервного топлива**

**Mexico Pacific заключила долгосрочное соглашение о купле-продаже СПГ с южнокорейской POSCO International Corporation, по которому она будет закупать 0,7 млн т СПГ в год на условиях free-on-board в течение 20 лет. Поставки будут осуществляться с якорного проекта Mexico Pacific – СПГ-завода Saguaro Energía мощностью 15 млн т в год**

Проект включает производство востребованных минеральных удобрений – карбамида и аммиака, объем выпуска продукции, в частности карбамида, должен составить приблизительно 1,75 млн т в год. Основным сырьем станет природный газ месторождений ЛУКОЙЛа в регионе Северного Каспия. Газохимический комплекс обеспечит эффективную интеграцию добычи и глубокой переработки сырья для производства продукции с высокой добавленной стоимостью.

Ставролен – второй по величине в России производитель полиэтилена низкого давления и третий по объемам производства полипропилена, ГПЗ на Ставролене перерабатывает более 2 млрд м<sup>3</sup> газа в год.

## ВТО vs ЕС

В рамках борьбы с изменением климата Всемирная торговая организация приступила к разработке новой международной системы ценообразования на выбросы углерода в ответ на решение Евросоюза о введении механизма трансграничного углеродного регулирования с 2026 г. В ВТО считают, что ЕС намерен таким образом уравнять правила игры между производителями, которые должны платить за выбросы, и экспортерами в странах с более низкими ценами на выбросы углерода или вообще без таковых.

## ЕвроХим и CNCEC построят производство серной кислоты в Казахстане

Госэкспертиза Казахстана выдала положительное заключение по проекту строительства сернокислотного завода в Жамбылской области. Инвестором проекта выступает компания ЕвроХим. ЕРС-подрядчиком станет китайская China National Chemical Engineering Group (CNCEC), субподрядчиком по проектированию – инженеринговая компания Казгипронефтьтранс. Новое предприятие будет построено в 18 км от г. Жанатас, комплекс будет состоять из 19 зданий и сооружений, мощность завода – 800 тыс. т серной кислоты в год, продукт используют для нужд химических удобрений в Казахстане. Основной объем серной кислоты в 2023 г. поступал в Казахстан из России (93%).

**TotalEnergies запустила пилотный проект морской ветроэнергетической установки для снабжения электроэнергией морской платформы Culzean в британском секторе Северного моря, новое оборудование обеспечит около 20% потребности МП в электроэнергии. Мощность турбины – 3 МВт**

**На месторождении Penguins в британском секторе Северного моря установлена цилиндрическая плавучая установки для добычи, хранения и отгрузки нефти и газа – FPSO Penguins, находящаяся на глубине 165 м, производительность установки 45 тыс. барр. нефти в сутки**

**В Приморском крае создан терминал для поставок СУГ в страны АТР. Он представляет собой экспортно ориентированную газонаполнительную станцию, включающую участок приема, участок временного хранения СУГ в резервуарном парке, участок перекачки топлива в автоцистерны для транспортировки потребителям. Терминал рассчитан на перевалку 150 тыс. т СУГ в год с возможностью увеличения мощности до 300 тыс. т в год**

**В Узбекистане начались работы по строительству атомной станции малой мощности. Контрактом предусмотрено строительство станции мощностью 330 МВт с использованием новейших российских реакторов РИТМ-200Н. Также в конце августа были начаты работы по созданию вахтового городка для строителей будущей станции**

## Центр пилотирования технологий

СИБУР создает Центр пилотирования технологий получения базовых полимеров в г. Тобольске. Теперь лабораторные

разработки будут поступать для тестирования не сразу на производство, их будут проверять в отдельном центре, не выводя для этого из промышленных режимов основные производственные мощности компании. Аппаратная конфигурация Центра пилотирования обеспечивает возможность тестирования более 90 % спектра существующих и перспективных технологий производства базовых полимеров. Объем выпуска этих продуктов в РФ составляет 5,3 млн т в год, с потенциалом роста до 6 млн т в год до 2028 г. В центре также будут тестироваться наработки компании в области выпуска катализаторов (хромовых, титан-магниевого и металлоценовых). Центр позволяет ежегодно испытывать не менее 5 катализаторов и тестировать запуск около 10 новых марок полимеров, 75 % основного технологического оборудования – российского производства. ●

12 **судов**  
в год

для торгового флота России намерена строить ОСК на планируемой верфи в Приморском крае



80 млрд руб.  
направят на геологоразведку Сибири



Более 120 млн долл.

потеряла ливийская НОС из-за приостановки добычи нефти в стране



В 3,5 раза

выросла чистая прибыль Газпрома за первое полугодие 2024 г. по МСФО, превысив 1 трлн рублей



До 3,16 млн барр.

упал ежемесячный морской экспорт российской нефти



На 4,6 %

выросла чистая прибыль ЛУКОЙЛа в первом полугодии 2024 г.



Более 100 млрд м<sup>3</sup>

газа накоплено в европейских ПХГ



60 трлн м<sup>3</sup>

превышают запасы свободного газа и газовых шапок в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке



На 14,5 %

выросли поставки российского трубопроводного газа в Европу за 8 месяцев 2024 г.



На 3,3 % может вырасти энергопотребление в ЕЭС России в 2024 г.



На 80 %

Китай сократил количество разрешений на строительство новых угольных электростанций



Нефтегазовые доходы бюджета РФ в январе – августе 2024 г. превысили 7,5 трлн руб.

7,5 трлн руб.



На 3 % увеличился экспорт СПГ США в первом полугодии 2024 г.



На 9,2 %

Россия нарастила добычу газа в январе – июле 2024 г.



На 22 %

снизилась чистая прибыль Транснефти во втором квартале по сравнению с аналогичным периодом 2023 г.



На 5 % снизил добычу жидких углеводородов Роснефть в первом полугодии 2024 г.



1,7 тыс. км

новых ЛЭП для развития Восточного полигона введут в эксплуатацию Россети до конца года



2,94 млн т

составил экспорт российского СПГ в августе 2024 г.



До 100 млн т в год

и ниже может сократиться добыча нефти в Западной Сибири в 2035 г.



На 28,6 %

снизилась чистая прибыль компании Россети за первое полугодие 2024 г.



# НОВАЯ СТУПЕНЬ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ БУРЕНИЯ В РОССИИ

**Рустем Мухаметзянов**

генеральный директор  
ООО «Цифровое бурение»



Фото Роман Шаленкин

КОМПАНИЯ «НАФТАГАЗ» ОДНОЙ ИЗ ПЕРВЫХ В РОССИЙСКОМ НЕФТЕСЕРВИСЕ НЕСКОЛЬКО ЛЕТ НАЗАД НАЧАЛА РАЗВИВАТЬ СОБСТВЕННУЮ СИСТЕМУ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ БУРЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ СОКРАЩЕНИЯ СРОКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН, АНАЛИЗА ДАННЫХ, ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТРОЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ. ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА БУРЕНИЯ (АКБ) В 2021 ГОДУ БЫЛО СОЗДАНО ИТ-ПРЕДПРИЯТИЕ «ЦИФРОВОЕ БУРЕНИЕ». И НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ «НАФТАГАЗ» – ЕДИНСТВЕННАЯ НЕФТЕСЕРВИСНАЯ КОМПАНИЯ В РОССИИ, ВСЕ БУРОВЫЕ УСТАНОВКИ КОТОРОЙ ОСНАЩЕНЫ КОМПЛЕКСАМИ АВТОМАТИЗАЦИИ. СТАБИЛЬНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ СИСТЕМЫ (ОПЫТ 500 СКВАЖИН): УВЕЛИЧЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ПРОХОДКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИНЫ В СРЕДНЕМ НА 10,5%, А РЕЙСОВОЙ СКОРОСТИ ПРОХОДКИ НА 8,3%. КРОМЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ «НГ-БУРЕНИЕ», КОМПЛЕКСЫ УСТАНОВЛЕНЫ НА БУ ЭНГС, ГАЗПРОМ БУРЕНИЕ, РН-ЮГАНСКНЕФТЕГАЗ, ТНГ-ГРУПП И АО «УПНПИКРС». ВСЕГО «ЦИФРОВОЕ БУРЕНИЕ» РАБОТАЕТ НА 13 МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

*SEVERAL YEARS AGO, NAFTAGAZ WAS ONE OF THE FIRST COMPANIES IN THE RUSSIAN OILFIELD SERVICES INDUSTRY TO START DEVELOPING ITS OWN SYSTEM FOR AUTOMATING DRILLING PROCESSES IN ORDER TO REDUCE WELL CONSTRUCTION TIMES, ANALYZE DATA, AND ENSURE CONTROL OVER INCIDENT PREVENTION. IN 2021, THE IT ENTERPRISE DIGITAL DRILLING WAS CREATED TO DEVELOP AND IMPLEMENT AN AUTOMATIC DRILLING COMPLEX (ADC). TODAY, NAFTAGAZ IS THE ONLY OILFIELD SERVICES COMPANY IN RUSSIA WHOSE DRILLING UNITS ARE ALL EQUIPPED WITH AUTOMATION SYSTEMS. THE STABLE RESULT OF THE SYSTEM (500 WELLS): AN INCREASE IN THE MECHANICAL RATE OF PENETRATION DURING WELL CONSTRUCTION BY AN AVERAGE OF 10.5%, AND A DRILLING SPEED PER RUN BY 8.3%. IN ADDITION TO THE PRODUCTION FACILITIES OF NG-DRILLING, THE SYSTEMS ARE INSTALLED AT BU ENGS, GAZPROM BURENIYA, RN-YUGANSKNEFTEGAS, TNG-GROUP, AND UPNPIKRS JSC. IN TOTAL, DIGITAL DRILLING OPERATES AT 13 FIELDS*

Ключевые слова: автоматизация, бурение, строительство скважин, анализ данных, контроль предупреждения инцидентов.

Сегодня «Цифровое бурение» представляет обновление платформы «АКБ+» – это улучшенный функционал автоматического комплекса бурения (АКБ), разработанный для полной автоматизации цикла бурения. Он предлагает более эффективные и точные решения для выполнения всех видов операций при бурении скважины, выполняемых при помощи буровой лебедки, ВСП, буровых насосов. Как результат – точное исполнение режима бурения, отслеживание и оптимизация затраченного времени на все операции, обеспечение их повторяемости и стабильности, а также сокращение влияния человеческого фактора, осуществление сбор аналитики для улучшения и модернизации процессов бурения.

АКБ+ позволяет производить бурение от клиньев до клиньев «с одной кнопки». Для работы системы автоматизации необходима программа работ на бурение скважины, которая составляется и оцифровывается центром управления строительства скважин. Программа работ в цифровом виде, через единую цифровую платформу (ЕЦП) попадает на кустовую площадку к инженерно-технологическому персоналу. Инженер по наклонно-направленному бурению, находящийся на кустовой площадке, задает последовательность выполнения операций по бурению свечи, а технологические режимы

выполняемых операций загружаются автоматически из цифровой программы работ. Получив новое задание, автоматический комплекс бурения на панели бурильщика отображает параметры технологических операций при бурении свечи, бурильщик подтверждает их и начинает бурение в автоматическом режиме, нажав кнопку.

АКБ+ выполняет операции по бурению свечи в полностью автоматическом режиме, используя адаптивный алгоритм определения параметров бурения, адаптивный режим осцилляции колонны бурильных труб и автоматическое направленное бурение, что полностью исключает человеческий фактор и минимизирует вероятные инциденты

Автоматический комплекс бурения АКБ+ осуществляет выполнение операций по бурению свечи в полностью автоматическом режиме, используя адаптивный алгоритм определения параметров бурения, адаптивный режим осцилляции колонны бурильных труб, автоматическое направленное бурение. Работая данным способом, система минимизирует вероятные инциденты и полностью исключает человеческий фактор.

Функционал АКБ+ предназначен для автоматизации операций, выполняемых при помощи буровой лебедки, верхнего силового привода (далее – ВСП), буровых

насосов, это приводит к точному исполнению режимов этих операций по параметрам и времени, а также сокращению влияния человеческого фактора.

Автоматизации подлежат:

- выход на плановый расход промывочной жидкости;
- снятие статического замера ТМС;
- подход долота к забою;

- роторное бурение;
- направленное бурение;
- проработка пробуренного интервала;
- ориентирование инструмента под наращивание;
- выключение насоса.

Операции бурение и проработка осуществляются по согласованной режимно-технологической карте (РТК), поступающей в систему от цифровой платформы. Данная опция является элементом цифровой программы работ по бурению скважины. Предусмотрена возможность корректировки РТК в режиме реального времени.



АКБ+ оснащен дополнительной функцией, способной определить оптимальный режим работы модуля осцилляции ВСП.

АКБ+ применим для буровых установок с электрическим приводом управления буровой лебедкой, верхних силовых приводов с электрическим приводом управления, буровых насосов с электрическим приводом управления;

Монтаж оборудования производится согласно регламенту проведения монтажных работ АКБ. До начала монтажа ООО «Цифровое бурение» разрабатывает проект подключения. Проект согласует эксплуатирующая организация. Все штатные блокировки, предусмотренные заводом изготовителем, остаются в рабочем состоянии.

Запуск в работу АКБ+ состоит из двух этапов: заполнение цифровой программы работ (плановая РТК на выполняемые операции) и подтверждение выполнения операции по плановой РТК/ коррективка режима выполнения операции с панели бурильщика.

АКБ+ взаимодействует с модулем планирования и управления ЕЦП.

Для настройки плановых параметров работы АКБ+ необходимо внести данные в цифровую программу работы ЕЦП. Ввод данных осуществляется полномочным представителем по согласованию с заказчиком. После внесения данных в ЕЦП они автоматически отобразятся на панели бурильщика.

После полного подключения и внесения всех данных для работы АКБ+ будет в автоматическом режиме осуществлять следующую последовательность действий:

- Операция «Готовность системы»;
- Запуск насоса;
- Операция «Ожидания замера»;
- Операция «Определение параметров холостого хода»;
- Подход к забою;
- Операция «Бурение»;
- Операция «Промывка»;
- Операция «Проработка»;
- Операция «Успокоение ТС»;
- Операция «Отключение насосов».

Функционал АКБ+ содержит дополнительные опции и оптимизаторы, позволяющие более качественно проводить бурение ствола скважины:

**Shock test (Снижение уровня вибраций ТМС)**

В процессе бурения возникают различные биения КНБК о стенки скважины – вибрации, это связано с профилем скважины (искривлением), скоростью вращения КНБК, неправильным расположением калибратора (КЛС) в КНБК. Вибрации бывают боковые, осевые, вибрации вращения, стик-слипы (Stick Slip). В первую очередь они приводят к физическому разрушению дорогостоящего оборудования, в частности РУС и телесистемы с гидро-каналом. В связи с этим в АКБ+ разработан алгоритм для снижения вибраций при бурении скважин, а также для сохранения наиболее оптимальной механической скорости.

**Подбор угла осцилляции**

Функция подбора угла осцилляции, которая помогает решить проблемы, связанные с подбором оптимального режима осцилляции в случае осложненного бурения. Быстрый подбор оптимального

угла осцилляции является ключевым параметром в осложненных условиях.

**Функция автоудержание toolface (TF)**

Модуль Автоудержание TF – это передовая технология, которая обеспечивает точное удержание бурового инструмента в заданном секторе при направленном бурении. Основная цель его применения заключается в обеспечении соблюдения траектории ствола скважины, так как система удерживает положение отклонителя ТМС в заданном секторе. Сектор, в котором осуществляется бурение с автоудержанием, определяется как диапазон между минимально допустимым и максимально допустимыми значениями отклонителя ТМС в апсидальной плоскости.

Модуль автоудержания TF может быть успешно использован на любом интервале направленного бурения, включая горизонтальные участки. В сочетании с осцилляцией, эта технология позволяет не только поддерживать нужное направление, но и минимизировать складывание инструмента. Это значительно повышает эффективность направленного бурения, минимизируя риски, человечески фактор и исключая необходимость в частых корректировках.

Использование модуля автоудержания TF дает возможность оптимизировать процесс бурения, снижая затраты времени и ресурсов, что делает ее важным инструментом для повышения производительности в условиях современного бурения. ●

**Автоматический комплекс бурения АКБ+ –** новейшая разработка, призванная сократить сроки бурения скважин, полностью исключить человеческий фактор и получать 100%-ный результат по увеличению эффективности строительства скважин

KEYWORDS: automation, drilling, well construction, data analysis, incident prevention control.



# Петербургский международный ГАЗОВЫЙ ФОРУМ – 2024

8–11 октября

РЕКЛАМА 18+



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

КОНГРЕССНО-ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР  
**ЭКСПОФОРУМ**

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР



ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ПАРТНЕРЫ



ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР



ОФИЦИАЛЬНЫЙ СТРАХОВОЙ ПАРТНЕР



ОРГАНИЗАТОР



GAS-FORUM.RU



САМАЯ АКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПМГФ В TELEGRAM-КАНАЛЕ @GASFORUMSPB



# ОБХОД ОГРАНИЧЕНИЙ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ при расчете индекса чистой энергии

ПРЕДЛОЖЕНЫ РЕШЕНИЯ ПО ОГРАНИЧЕНИЯМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В РАСЧЕТЕ ИНДЕКСА ЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ. В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ (БЯМ) ПРИ РАСЧЕТЕ ИНДЕКСА ЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ (ИЧЭ). ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВКЛЮЧАЮТ НЕХВАТКУ КАЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ, РИСК ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОШИБОК И «ГАЛЛЮЦИНАЦИЙ», А ТАКЖЕ НЕОБХОДИМОСТЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ ИНФОРМАЦИИ. ДЛЯ ПРЕОДОЛЕНИЯ ЭТИХ ОГРАНИЧЕНИЙ ПРЕДЛОЖЕНЫ РЕШЕНИЯ, ТАКИЕ КАК RETRIEVAL AUGMENTED GENERATION (RAG) ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОТВЕТОВ, МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОШИБОК, И ПОЛНОСТЬЮ ГОМОМОРФНОЕ ШИФРОВАНИЕ (FHE) ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ. ЭТИ ПОДХОДЫ ИНТЕГРИРУЮТ ВНЕШНИЕ ИСТОЧНИКИ И ОБЕСПЕЧИВАЮТ КОРРЕКТНУЮ ОБРАБОТКУ ИНФОРМАЦИИ, ЧТО УЛУЧШАЕТ ТОЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ РАСЧЕТОВ ИЧЭ

*SOLUTIONS TO THE LIMITATIONS OF LARGE LANGUAGE MODELS IN CALCULATING THE CLEAN ENERGY INDEX ARE PROPOSED. THE ARTICLE DISCUSSES THE LIMITATIONS OF USING LARGE LANGUAGE MODELS (LLM) IN CALCULATING THE CLEAN ENERGY INDEX (IGE). THE MAIN PROBLEMS INCLUDE THE LACK OF HIGH-QUALITY DATA, THE RISK OF ERRORS AND HALLUCINATIONS, AND THE NEED TO ENSURE THE CONFIDENTIALITY OF INFORMATION. TO OVERCOME THESE LIMITATIONS, SOLUTIONS HAVE BEEN PROPOSED SUCH AS RETRIEVAL AUGMENTED GENERATION (RAG) TO IMPROVE RESPONSE ACCURACY, ERROR CHECKING AND PREVENTION METHODS, AND FULLY HOMOMORPHIC ENCRYPTION (FHE) TO PROTECT DATA. THESE APPROACHES INTEGRATE EXTERNAL SOURCES AND ENSURE THE CORRECT PROCESSING OF INFORMATION, WHICH IMPROVES THE ACCURACY AND RELIABILITY OF IGE CALCULATIONS*

Ключевые слова: индекс чистой энергии, индекс эффективного использования топлива, оценка «зеленой» энергетики, экологическая чистота при производстве энергии, оценка углеродного следа, искусственный интеллект в энергетическом секторе, решения в области ИИ, большие языковые модели, усовершенствованные показатели энергопотребления.

## Шпуров Игорь Викторович

генеральный директор, ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых», д.т.н.

## Смирнов Александр Юрьевич

заместитель генерального директора, ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых»

## Токарев Дмитрий Владимирович

начальник отдела, ФБУ «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых», д.т.н.

## Халин Артём Александрович

аспирант кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Статья продолжает тему внедрения и формирования индекса чистой энергии с использованием искусственного интеллекта, авторы надеются, что представленные данные помогут сформировать методику определения стратегии устойчивого развития на глобальном и региональных уровнях, производя актуальные расчеты индекса чистой энергии самими эффективными и современными методами (искусственный интеллект).

Большие языковые модели (БЯМ) представляют значительный потенциал для автоматизации расчетов индекса чистой энергии (ИЧЭ), позволяя учитывать множество факторов, влияющих на экологическую эффективность, но сталкиваются с рядом ограничений. Эти ограничения включают вычислительную сложность, интерпретируемость результатов и точность модели при обработке специфических данных. В частности, главная проблема ИИ: верификация и создание релевантного ответа для пользователя, который использует различные языковые модели для получения ответов на поставленный вопрос, а также сами

«галлюцинации» модели. К примеру, в статье [8] авторами проводился анализ ошибочных «суждений» и результатов модели, давая определения и точную природу таких видов ошибок.

Следовательно, встает вопрос о машинном обучении искусственного интеллекта и важности качественных обучающих данных для машинного обучения, как указывается в исследованиях Devlin et al. (2019) [2], суть которого заключалась в исследованиях эффективности использования контекста для улучшения понимания языка, где обучение происходило на больших корпусах текстов, таких как BooksCorpus и Wikipedia. Доказывая необходимость и важность включаемых данных в модель, так как она напрямую влияет на точность и надежность моделей для получения релевантных ответов пользователю и обучаемости самой модели. Чтобы модель могла точно изучать закономерности и делать прогнозы, ее необходимо обучать на больших объемах разнообразных, точных и непредвзятых данных, которые будут отвечать требованиям пользователя. Если данные,

используемые для обучения, являются некачественными или содержат неточности и систематические ошибки, прогнозы будут потенциально необъективными и могут не отвечать запросам пользователя. К примеру, в статье Brown et al. (2020) [1] обсуждаются возможности и ограничения языковых моделей, таких как GPT-3, в выполнении различных задач на основе небольшого количества примеров (few-shot learning). В контексте ошибочных суждений при неточных данных, делая вывод о том, что модели сильно зависят от данных, на которых они обучены. Если в обучающих данных содержатся ошибки или неточности, модель может интернализировать и воспроизводить эти ошибки.

Однако, как говорилось ранее, необходимо создать или использовать уже существующие инструменты работы с ИИ, чтобы оптимизировать «обучение» моделей без большого вложения капитальных и временных затрат.

## Искусственный интеллект

Искусственный интеллект обучается на основе больших объемов данных с помощью алгоритмов машинного обучения, таких как нейронные сети, «деревья» решений и многое другое. К примеру, в статье [12] представлен механизм «self-attention» (самовнимание), который позволяет моделям эффективно обрабатывать зависимости между элементами входной последовательности независимо от их расстояния друг от друга или метод многоголового внимания, который позволяет модели одновременно учитывать информацию из разных подпространств представлений, улучшая способность к захвату разнообразных паттернов. Эти алгоритмы помогают ИИ обнаруживать закономерности и шаблоны в данных, делая прогнозы более точными, а решения более обоснованными.

По своей сути искусственный интеллект является лишь набором математических действий и знаков, и факт наличия такого слова, как «интеллект», описывает только способность машины к симуляции интеллекта человека, но не способность машины

создавать новые данные, а только компилировать ответы на базе существующих данных в ее системе.

Процесс работы искусственного интеллекта заключается в сложении или вычитании векторов в многомерном пространстве, которые иначе называются эмбедами. Именно эмбеддинг используется для обработки человеческого языка или иного формата коммуникации с искусственным интеллектом. В свою очередь, ИИ формирует числовые формулировки и представления для нечисловых данных (текст, изображение и иные форматы).

## Retrieval Augmented Generation (RAG)

Использование БЯМ для получения информации по расчету индекса чистой энергии осложняется возможным недостатком данных в данном конкретном случае из-за его узкой направленности, связанной с парниковыми газами и с постоянно меняющейся ситуацией в мире (курсы валют, изменения каких-либо производственных технологий и т.д.). В статье «A comprehensive survey on graph neural networks» (Johnson, 2020) [4] обсуждаются основные положения и ограничения графовых нейронных сетей (GNN), связанные с ограничениями в способности обработки динамических данных, временных данных и трудности с обучением на нестационарных данных.

В таком случае существуют два основных варианта решения данной проблемы:

- обучать модель с нуля,
- использование Retrieval Augmented Generation (RAG).

Учитывая особенности обучения модели с нуля, а именно – сложности формирования базы данных и тяжести обучения модели, которое может затянется на несколько лет с затратой финансовых вложений и использования больших

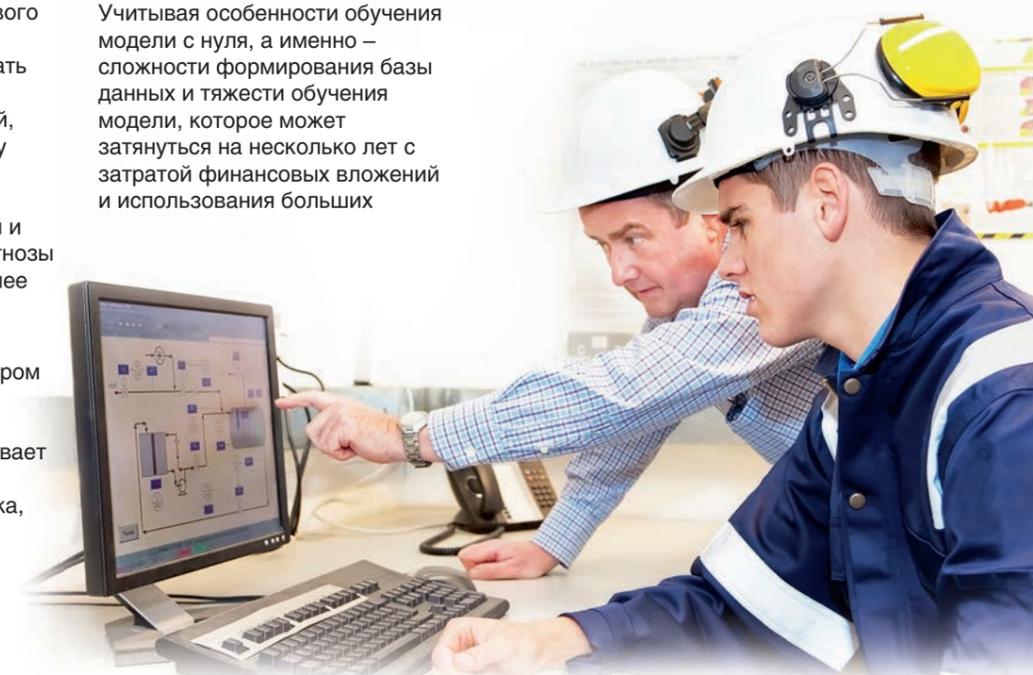
компьютерных мощностей, не имеет смысла в данном случае. Также стоит учитывать, что необходимо обучение модели на релевантных «золотых» ответах для получения необходимого результата по точности, которая требуется от ИИ. Следовательно, необходимо и множество «ручной работы», когда пользователь формирует запросы и определяет близость вектора к основной оси (требуемый результат).

В таком случае авторами статьи предлагается решение проблемы данной неопределенности через использование RAG, который был сформулирован командой FAIR в статье [6] в 2021 году. Данный метод работы с БЯМ характеризуется особенностью взаимодействия с искусственным интеллектом. Когда пользователь формирует конкретный вопрос/задачу и программно добавляет к своему запросу дополнительную информацию, благодаря которой языковая модель способна уже с ее помощью сформировать более полный и верный ответ/результат пользователю.

Примером использования RAG с системой промптов, в нашем контексте ИЧЭ, может служить следующее:

Пользователь формирует запрос: «Какая сейчас спотовая цена сырой нефти марки Urals?»

Система осуществляет идентификацию релевантного документа или его фрагмента (чанка), в котором содержится ответ на заданный пользователем вопрос. Процесс начинается с обработки запроса пользователя



и поиска наиболее подходящих сегментов данных, которые могут содержать необходимую информацию. Эта задача включает применение сложных алгоритмов информационного поиска и методов машинного обучения для повышения точности и релевантности извлеченных данных.

Однако необходимо учитывать ограничения языковых моделей в отношении понятий, не включенных в их обучающие данные. Одним из таких понятий является «сейчас». Лингвистические модели, включая большие языковые модели (БЯМ), обучаются на обширных корпусах текстов, содержащих исторические данные до определенного момента времени. Они не имеют встроенной способности к восприятию текущего момента или обновлению своей базы знаний в реальном времени. Соответственно, модель не может предоставить точный и актуальный ответ на вопросы, требующие знания текущей информации, если эта информация не была включена в ее обучающий набор данных.

Например, если пользователь задает вопрос о текущем состоянии погодных условий или о последних новостях, языковая модель будет неспособна предоставить актуальный ответ, поскольку она не обладает механизмом обновления информации в реальном времени. Ее ответы будут ограничены временными рамками данных, на которых она была обучена. Это фундаментальное ограничение следует учитывать при использовании языковых моделей для задач, требующих актуальных и своевременных данных, какой задачей и является расчет индекса чистой энергии.

Для преодоления этого ограничения, системы могут интегрироваться с внешними источниками информации, такими как API-сервисы, предоставляющими актуальные данные. Этот гибридный подход позволяет комбинировать способности языковых моделей к обработке и генерации текста с возможностями получения и обновления актуальной информации, что значительно расширяет диапазон применений и повышает точность ответов. Однако существует и иной метод, использующий RAG, и именно он подходит в данном контексте задания задачи большой языковой модели. Если мы зададим ИИ область данных: «Рассмотри на

сайтах a, b, c и т.д.» (подключение того же API через RAG) или добавим сами какой-либо объем токенов (отдельный элемент текста для упрощения работы ИИ), сообщив модели о необходимости формировать ответ из данных пользователя, то модель уже будет способна ответить верно для пользователя и «поймет» о чем идет речь и как формировать ответ.

Соответственно, при использовании конвейера Retrieval-Augmented Generation (RAG) модель формирует специфический prompt для большой языковой модели (БЯМ), который включает в себя данные пользователя, соответствующие внешние данные и инструкции, созданные RAG для направления работы БЯМ, а также формирует prompt.

В рамках RAG prompt играет ключевую роль в управлении поведением и генерацией текста БЯМ. Он направляет модель на выбор наиболее релевантных внешних данных, которые используются для дополнения или уточнения информации, полученной из внутренних баз данных модели. Это включает в себя указание на необходимость включения определенных аспектов контекста из внешних источников, что существенно улучшает качество и полноту сгенерированных ответов.

Использование RAG также включает в себя формирование инструкций для БЯМ, которые определяют, какие части данных пользователя и внешних источников следует учитывать при генерации ответа. Этот подход позволяет модели учитывать разнообразные аспекты контекста и максимально точно отвечать на запросы, что особенно важно в контексте обработки естественного языка и информационного поиска.

Таким образом, применение RAG с его специализированными prompt способствует значительному повышению эффективности

и точности работы больших языковых моделей, делая их более адаптивными и реагирующими на контекст способом.

На рисунке 1 представлена упрощенная схема работы RAG.

В целом процесс при создании RAG формируется по принципу: от крупных кусков к шлифовке. Сама работа RAG может осуществляться по поиску ключевых слов или векторному, и суть метода RAG заключается в двух важных задачах NLP: извлечение релевантной информации (retrieval) и генерация текста (generation). Это позволяет модели использовать внешние источники данных.

Изначальная база данных, которой владеет пользователь, нарезается на более доступные и легкие части, которые, как озвучивалось ранее, называются чанками, и с помощью эмбеддера преобразовываются в вектора.

Кодирование текста в читаемый для ИИ механизм анализируется и суммируется, создавая единую базу данных, которая хранится в самой модели. Тем самым ИИ создает из одного чанка один вектор. И уже с помощью косинусальной близости векторов между текстом запроса пользователя и чанка выбираются наиболее близкие фрагменты данных, из которых БЯМ и выстраивает свой ответ.

Также существуют иные методы поиска ответа на поставленный запрос пользователя, такие как подключение к эмбедингам TF-IDF или алгоритм BM25.

### Архитектура RAG

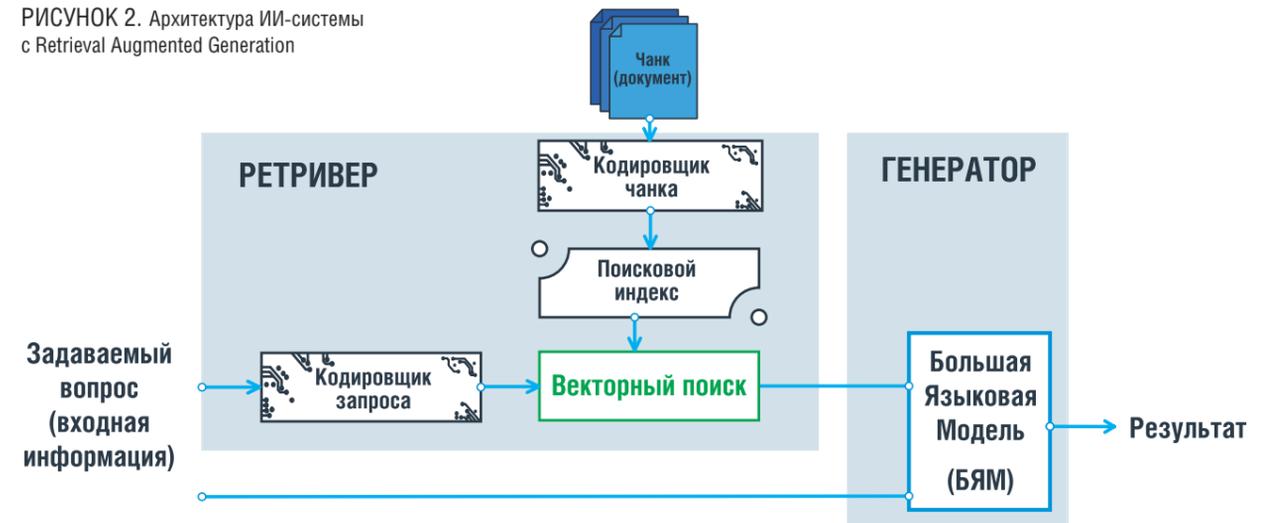
В архитектуре RAG, как было сказано ранее, используются два основных компонента: *компонент извлечения информации* и *компонент генерации текста*.

Компонентом извлечения информации является Dense Passage Retrieval (DPR), цель которого заключается в извлечении

РИСУНОК 1. Упрощенная схема модели с использованием RAG



РИСУНОК 2. Архитектура ИИ-системы с Retrieval Augmented Generation



информации из больших баз данных на основе пользовательского запроса. В данном случае кодирование запроса и самих баз данных, заключенных в модели, в векторное поле происходит с помощью BART, построенном на основе трансформеров, и включает энкодеры для обработки текста.

*Кодирование информации происходит следующим путем:*

Входной запрос пользователя, который обозначим как  $q$ , передается через кодировщик embeddings и трансформируется в векторное представление  $d_{vec}$ . Каждый документ (текстовый файл)  $d_i$  в базе данных также кодируется с помощью кодировщика, чтобы получить векторное представление  $d_{vec}^i$ , что позволит модели обработать полученный формат данных и усвоить его. Косинусальное расстояние между  $d_{vec}$  и  $d_{vec}^i$  вычисляется для всех документов в базе данных, что дает модели представление о «близости» текста к запросу пользователя. Документы с наименьшим косинусным расстоянием считаются наиболее релевантными и отбираются для генерации ответа пользователю исходя из того формата запроса, что внес пользователь.

Компонентом генерации текста в модели происходит с помощью того же Sentence Transformers (SBERT) или же иного кодировщика, к примеру T5. Модель генерирует текстовый ответ, используя контекст из документов, а также иную базу данных, на которой она была обучена. Исходя из этого, ответ на запрос пользователя становится

наиболее точным и полным, что и позволяет считать результат релевантным.

Также BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) [2] и BART (Bidirectional and Auto-Regressive Transformers) [14], которые являются двумя различными моделями преобразователей, разработанными для обработки естественного языка, различаются по архитектуре и применению. Из двух представленных моделей эффективнее и рациональнее использовать BART, так как BART более универсален и может быть использован как для генеративных задач (создание текста), так и для дискриминативных задач (понимание текста), что делает его подходящим для решения нашей задачи, включая обобщение текста, перевод, исправление ошибок и другие задачи, связанные с генерацией.

Однако на современном этапе развития технологий наиболее продвинутыми и точными считаются модели LLM-трансформеров и sentence-transformers, что и предлагается к применению авторами статьи.

Основными характеристиками LLM-трансформеров можно выделить большое число параметров, включающихся в систему, и сложные архитектурные решения, что позволяет им захватывать сложные зависимости и контексты в предлагаемом тексте. Данные модели используют задачу авторегрессионного моделирования (Auto-Regressive Modeling), которая значительно улучшает

их возможности в генерации и переработке текстовой информации, создаваемой пользователем и для самого пользователя. Преимущества LLM-трансформеров также заключаются в их способности выполнять широкую гамму задач, сложные системы вопрос-ответ, перевод и обобщение текста с высокой степенью точности и естественности (приближая к человеческой системе языка). Благодаря своей универсальности и масштабируемости LLM-трансформеры являются предпочтительным выбором для обработки больших объемов данных и сложных языковых задач.

Sentence-transformers, в свою очередь, представляют собой модификацию моделей, таких как BERT, для создания семантических векторных представлений предложений. Эти модели специально обучены на парных задачах, таких как задачи сравнения текстов, например, Semantic Textual Similarity (STS), что позволяет им эффективно улавливать смысл целых предложений. Это значительно повышает их производительность в задачах, связанных с вычислением семантической близости между предложениями, таких как семантический поиск, кластеризация и сравнение текстов. Sentence-transformers обеспечивают более точное и интуитивное понимание текста, что делает их незаменимыми для задач, требующих глубокого семантического анализа.

Следовательно, предлагается в первую очередь использовать LLM-трансформеры и sentence-transformers, обеспечивающие более

высокую точность, универсальность и качество обработки и генерации текста. Их применение делает возможным решение сложных задач обработки естественного языка, обеспечивая высокую степень точности, масштабируемости.

#### Генерация текста пользователю:

Извлеченные документы, которые уже преобразованы в вектора, формируют базу данных, включая вводимый пользователем запрос и чанк. В модели это можно представить как хранимую информацию в формате:  $D = \{d_1, d_2, d_3, \dots, d_n\}$ . Данная база данных объединяется с исходным запросом пользователя  $q$  для создания расширенного входа. Генеративная модель (BART или T5) принимает расширенный вход и генерирует текстовый ответ  $a$ , составленный на базе ранее представленных текстовых файлов.

На графике 3 изображен пример векторной сходимости между вектором  $q$  и данными модели  $d_1, d_2, d_3$ .

Нахождение следующих векторов эмбедингов можно описать в виде текста следующим образом:

Запрос  $q$ : «Можете ли Вы сформулировать основные требования к расчету выбросов углекислого газа?»

Результат  $d_1$ : «Точность данных, стандартизация методик, учет всех источников выбросов...»

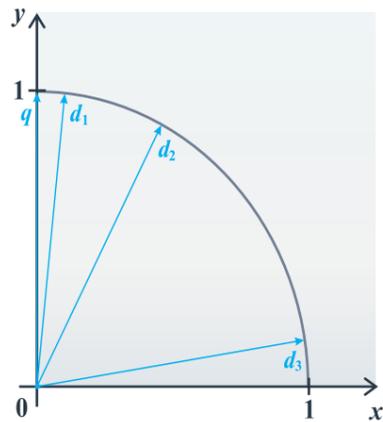
Результат  $d_3$ : «Иммануил Кант был рожден в восточной части Пруссии».

## Решения галлюцинаций и ошибок модели

Помимо привычных нам неверных ответов, которые пользователь может определить самостоятельно, имея определенные знания в теме, существуют и «галлюцинации», когда модель создает ответ, который выглядит обоснованным и правдивым, однако по своей сути не имеет никакого смысла и может быть вызван различными причинами: от ошибок в структуре графов до неполноты данных [11]. Именно такой вид ошибок актуален для расчета индекса чистой энергии.

Формирование необходимых ответов и выявление «галлюцинаций» в самой модели может происходить по нескольким возможным путям:

РИСУНОК 3. Графическое представление векторов в обработке ИИ



- Проверочные вопросы (вопросы, специально разработанные для выявления слабостей или ошибок модели).

Процесс работы с моделью происходит через создание наборов вопросов, которые охватывают различные аспекты знаний, которые модель должна уметь обрабатывать, в нашем же случае вопросы могут концентрироваться на данных, связанных с CO2. В целом же вопросы могут быть разнообразными, от простых фактов до сложных аналитических задач. Ответы модели на эти вопросы тщательно анализируются самим пользователем для выявления возможных ошибок или «галлюцинаций».

Основными недостатками являются значительные усилия для создания и поддержания актуального набора проверочных вопросов от самого человека/пользователя. Откуда и выходит второй недостаток такого метода: невозможность всегда охватить все возможные случаи использования модели.

- Референтные ответы и их сравнение (заранее подготовленные правильные ответы на определенные вопросы или задачи. Они служат эталоном для оценки качества ответов, генерируемых моделью).

Изначально при настройке модели определяются ключевые вопросы, на которые модель должна уметь отвечать. Создаются или собираются правильные ответы для этих вопросов. Ответы модели сравниваются с референтными ответами для оценки точности.

Основными недостатками может служить: ограниченность количества референтных ответов

и человеческий фактор, а именно – неспособность охватить все возможные ситуации. Референтные ответы должны постоянно обновляться для обеспечения их актуальности. Также требуются значительные ресурсы для создания и поддержания референтных ответов. Модель может не учитывать контекстуальные различия между вопросами и ответами.

- Сходимость чанков (метод анализа, при котором ответы модели на один и тот же вопрос, но разделенные на разные части текстового файла (чанки), проверяются на их согласованность).

Здесь основной принцип работы заключается в формировании вопроса, когда он разбивается на несколько частей (чанков), которые подаются модели для ответа. Ответы модели на каждый чанк анализируются на предмет согласованности и точности. Сравниваются ответы на разные чанки для выявления несоответствий.

Преимуществом данного типа борьбы с ошибками служит возможность выявления скрытых ошибок и несогласованностей в ответах модели.

Однако данный тип борьбы с ошибками требует значительных вычислительных ресурсов для анализа множества чанков, что делает этот метод сложным для реализации в больших масштабах и, соответственно, трудным при реализации в расчетах индекса чистой энергии.

- Retrieval Augmented Generation Automated Scoring (RAGAS) (метод автоматической оценки производительности системы, использующий метрики для оценки качества генерации ответов с использованием RAG).

Включает в себя метрики, такие как точность контекста, контекстный отзыв, верность и релевантность ответа. Система автоматически оценивает производительность модели на основе этих метрик, сравнивая с заранее определенными стандартами. В соответствии с этим обеспечивает объективную и автоматизированную оценку производительности модели. Позволяет быстро и точно измерять качество ответов модели.

Однако при создании требует сложной настройки и калибровки метрик для обеспечения точности.

- Запрос к самой модели (метод, при котором пользователи задают модели дополнительные вопросы для проверки ее ответов и получения дополнительной информации о процессе генерации ответа).

Пользователи могут задавать модели вопросы, такие как «Почему ты так ответила?» или «Насколько достоверны результаты?» Модель предоставляет объяснения или дополнительные данные, которые помогают пользователям понять процесс генерации ответа и выявить возможные ошибки. Благодаря чему обеспечивается возможность глубокой проверки и анализа ответов модели, это помогает пользователям лучше понять процесс работы модели и выявить ошибки.

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. В идеале для достижения наибольшей точности и надежности модели следует комбинировать несколько методов, чтобы покрыть все возможные аспекты и выявить скрытые ошибки. Однако в контексте поставленных задач из всех перечисленных вариантов решения проблемы самыми эффективными для пользователя при расчете ИЧЭ являются RAGAS и запрос к самой БЯМ. Следовательно, необходимо подробнее остановиться на этих двух типах выявления ошибок в самой модели.

## Retrieval Augmented Generation Automated Scoring (RAGAS)

RAGAS используется как инструмент для оценки конвейеров RAG. RAGAS (Retrieval-Augmented Generation Assessment Scores) представляет собой набор метрик, предназначенных для оценки производительности систем, использующих конвейеры Retrieval-Augmented Generation (RAG). Конвейеры RAG интегрируют методы информационного поиска (retrieval) с моделями генерации текста (generation), чтобы обеспечить более релевантные и информативные ответы на сложные запросы пользователей.

RAGAS представляет собой метрики с минимальной зависимостью от аннотированных данных, предоставляя информацию о производительности системы

и релеванности ее ответов. В отличие от традиционных методов оценки, которые часто требуют большого количества предварительно аннотированных данных, RAGAS ориентируется на метрики, которые минимизируют эту зависимость. Это позволяет проводить оценку систем RAG более гибко и экономично. Метрики RAGAS обеспечивают всестороннюю оценку, охватывая как этап извлечения данных, так и этап генерации текста, что критически важно для комплексного анализа производительности системы.

RAGAS использует следующие метрики:

- Точность контекста (Context Precision). Эта метрика оценивает, насколько точно система извлекает релевантные фрагменты информации из базы данных или корпуса документов в ответ на запрос пользователя. Точность контекста определяется как доля извлеченных элементов, которые действительно релевантны запросу. Высокая точность контекста указывает на то, что система способна эффективно находить соответствующую информацию с минимальным количеством нерелевантных данных. Например, в статье «Dense Passage Retrieval for Open-Domain Question Answering» [5] описывается, как плотные векторные представления могут улучшить точность извлечения контекста.
- Контекстный отзыв (Context Recall). Контекстный отзыв измеряет полноту извлечения релевантной информации. Эта метрика рассчитывается как доля релевантных элементов, которые были извлечены системой, относительно общего количества релевантных элементов в базе данных. Высокий контекстный отзыв показывает, что система извлекает большую часть релевантной информации, минимизируя упущения. Работы по оптимизации отзывов, такие как «Anserini: Enabling the Use of Lucene for Information Retrieval Research» [13], подчеркивают важность высоких значений этой метрики для эффективности информационного поиска.
- Верность (Factuality). Верность оценивает точность и достоверность сгенерированного

текста относительно извлеченной информации и запроса пользователя. Эта метрика важна для определения соответствия сгенерированных ответов фактическим данным. Низкая верность может указывать на тенденцию модели к генерации неверной или вводящей в заблуждение информации. В статье «Evaluating the Factual Consistency of Abstractive Text Summarization» [7] обсуждаются методы оценки верности и важность этой метрики для обеспечения надежности системы.

- Релевантность ответа (Answer Relevance). Эта метрика оценивает соответствие и полезность сгенерированного ответа запросу пользователя. Релевантность ответа учитывает, насколько хорошо ответ решает информационную потребность пользователя, включая оценку его полноты, точности и уместности. Высокая релевантность ответа показывает, что система не только точно понимает запрос, но и предоставляет полезную и качественную информацию. Метрики, подобные тем, которые обсуждаются в «BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding» [2], помогают оценивать релевантность ответов и их соответствие запросам.

Эти метрики в совокупности предоставляют глубокую и комплексную оценку производительности конвейеров RAG, позволяя выявить узкие места и направить усилия на оптимизацию системы. Это способствует созданию более эффективных и надежных систем информационного поиска и генерации текста, что критически важно в контексте требований к обработке естественного языка и взаимодействию с пользователями при расчете индекса чистой энергии.

## Запрос к Большой языковой модели

Запрос к самой модели является одним из наиболее простых и эффективных методов оценки верности ответа, как указано в статье «Adaptation with Self-Evaluation to Improve Selective Prediction in LLMs» (2023) [11], где описывается эффективность применения, а также предлагается структура под названием ASPIRE,

которая улучшает способность модели к самооценке своих выводов для повышения точности в задачах селективного предсказания. Модель при правильной настройке способна анализировать свои собственные ответы на вопросы, такие как: «Почему большая языковая модель (БЯМ) так ответила?» или «Насколько достоверны результаты?». Этот процесс самоанализа включает в себя возможность модели предоставлять обоснования своих ответов и степень уверенности в них, что значительно повышает прозрачность и надежность ее выводов.

**БЯМ можно задать запрос на предоставление исходной информации, на основе которой был сформирован ответ, включающей ссылки на первоисточники или объяснение логических шагов, использованных для построения ответа**

Более того, модели можно задать запрос на предоставление исходной информации, на основе которой был сформирован ответ. Это включает в себя ссылки на первоисточники данных или объяснение логических шагов, использованных для построения ответа. Такой подход не только способствует проверке точности и достоверности сгенерированных ответов, но и позволяет пользователям лучше понять процесс генерации ответа и выявить возможные ошибки или искажения.

Дополнительно методика prompt engineering служит важным инструментом для повышения эффективности БЯМ. Суть этой методики заключается в тщательно продуманной формулировке запросов (prompts), которые управляют поведением модели для получения необходимых результатов без изменения ее внутренней архитектуры или параметров. Prompt engineering позволяет оптимизировать взаимодействие с моделью, фокусируясь на конкретных задачах и снижая вероятность генерации нерелевантной или недостоверной информации.

Использование продуманных prompts включает несколько аспектов:

- Контекстуализация запроса: предоставление модели максимально точной и

релевантной информации для минимизации интерпретационных ошибок.

- Пошаговое руководство: разбивка сложных задач на более простые этапы, что позволяет модели последовательно решать каждый из них с большей точностью.
- Ограничение диапазона ответов: задавание таких формулировок, которые сузят возможные варианты ответов модели, что помогает избежать слишком общих или неконкретных результатов.

Применение этих стратегий в рамках prompt engineering способствует

более точному и целенаправленному использованию БЯМ, позволяя достигать высоких результатов в различных областях применения – от автоматического перевода до сложного анализа данных и генерации текстов.

Такая методология, основанная на запросах к самой модели и использовании prompt engineering, открывает новые горизонты в оценке и улучшении производительности больших языковых моделей, обеспечивая более высокий уровень доверия к их результатам и более эффективное их применение в практических задачах при расчете тех или иных показателей.

**Prompt engineering позволяет оптимизировать взаимодействие с моделью, фокусируясь на конкретных задачах и снижая вероятность генерации нерелевантной или недостоверной информации**

## Fully Homomorphic Encryption (FHE)

С одной стороны, использование возможностей БЯМ позволит во много раз упростить расчет ИЧЭ, но также существуют трудности получения информации от компаний и производств и связанных с этим рисков утечки конфиденциальной информации.

Одним из возможных решений этой проблемы является использование полностью гомоморфного шифрования (FHE) [10], которое позволяет выполнять функции с зашифрованными данными. Когда выгруженные данные из различных организаций и компаний в БЯМ шифруются алгоритмом внутри самой системы модели и уже невозможны к прочтению сторонними пользователями. Однако при запросе от пользователя по заданному вопросу возможно получение ответа, и только этот ответ способен увидеть сам пользователь без нарушения коммерческой конфиденциальности.

Полностью гомоморфное шифрование (FHE) представляет собой революционное достижение в области криптографии, позволяющее выполнять вычисления над зашифрованными данными без их расшифровки. Эта возможность решает важные проблемы конфиденциальности данных и безопасности в области облачных вычислений и других сценариях, где требуется обработка чувствительной информации в ненадежных средах.

FHE достигает своей функциональности благодаря сложному взаимодействию математических техник, включая алгебраические структуры, такие как решетки, теория чисел и полиномиальные кольца. Основной принцип FHE заключается в возможности выполнять произвольные вычисления непосредственно над зашифрованными данными, сохраняя конфиденциальность

на протяжении всего процесса вычислений. Это достигается путем обеспечения того, что как операции сложения, так и умножения над зашифрованными данными дают результаты, которые являются значимыми и согласованными при расшифровке.

Практическая реализация FHE включает несколько ключевых компонентов и методов:

- Схемы гомоморфного шифрования. Различные схемы, такие как исходная схема Гентри и последующие улучшения, например схема Бракерски-Гентри-Вайкунтанатан (BGV) и схема Фана-Веркотерена (FV), предоставляют различные компромиссы между эффективностью и безопасностью. Эти схемы позволяют выполнять различные типы вычислений гомоморфно с различными уровнями вычислительной и коммуникационной нагрузки.
- Выбор параметров. Схемы FHE требуют тщательного выбора параметров, таких как модуль, параметры шума и размеры ключей, для балансировки безопасности и эффективности.

**Основной принцип FHE заключается в возможности выполнять произвольные вычисления непосредственно над зашифрованными данными, сохраняя конфиденциальность на протяжении всего процесса вычислений**

Эти параметры влияют на уровень защиты от различных атак (например, атаки на основе решеток) и производительность гомоморфных операций.

- Управление шумом. Во время гомоморфных вычислений шум накапливается из-за процесса шифрования. Техники, такие как переключение модуля и релейная фильтрация, используются для управления и уменьшения шума, обеспечивая тем самым правильность результатов вычислений.
- Сценарии применения. FHE применяется в сценариях, где конфиденциальность данных играет ключевую роль, таких как безопасный аутсорсинг вычислений ненадежным сервером, конфиденциальное обучение, безопасные вычисления между несколькими участниками и зашифрованный поиск данных. Эти приложения используют способность FHE выполнять вычисления над зашифрованными данными при сохранении конфиденциальности информации.
- Проблемы и направления развития. Несмотря на свои преимущества, FHE сталкивается с проблемами,

такими как высокие вычислительные затраты, значительное увеличение размера шифротекста и ограниченная масштабируемость для сложных вычислений. Текущие исследования направлены на решение этих проблем через оптимизацию алгоритмов, аппаратных ускорителей и новых криптографических техник.

В заключение отметим, что FHE представляет собой важное достижение в области криптографии, предлагая трансформационный подход к защите данных путем возможности выполнения вычислений над зашифрованными данными. Его дальнейшее развитие и внедрение обещают значительно усилить

защиту конфиденциальности в мире, где данные играют все более важную роль.

## Выводы

Представленные в данной статье решения направлены на устранение ограничений, связанных с применением больших языковых моделей для расчета индекса чистой энергии. Внедрение таких подходов обеспечит:

- Эффективное использование ИЧЭ с минимальными временными и финансовыми затратами, позволяя оценивать эффективность различных видов топлива с учетом экологических показателей.
- Возможность интеграции БЯМ без необходимости их переобучения, что упрощает и ускоряет внедрение моделей в практическую деятельность.
- Улучшение точности и актуальности ответов за счет методов, таких как Retrieval Augmented Generation (RAG), которые дополняют модели релевантными внешними данными.
- Снижение вероятности ошибок и «галлюцинаций», что делает

расчеты ИЧЭ более надежными и достоверными.

- Применение полностью гомоморфного шифрования (FHE) для защиты конфиденциальных данных, что позволяет выполнять расчеты с гарантией сохранности коммерческой информации.

Внедрение данных методов и подходов значительно повысит точность, надежность и безопасность в расчете индекса чистой энергии, способствуя эффективному развитию методики определения стратегии устойчивого развития. ●

## Литература

1. Brown, T. B., et al. (2020). *Language Models are Few-Shot Learners*. arXiv preprint arXiv:2005.14165.
2. Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). *BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding*. arXiv preprint arXiv:1810.04805.
3. Johnson, D. (2020). *A comprehensive survey on graph neural networks*. arXiv preprint arXiv:2001.05042.
4. Johnson, R. (2020). *A comprehensive survey on graph neural networks*. arXiv preprint arXiv:2001.05088.
5. Kipf, T. N., & Welling, M. (2017). *Semi-supervised classification with graph convolutional networks*. arXiv preprint arXiv:1609.02907.
6. Lewis, P., et al. (2021). *Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks*. arXiv preprint arXiv:2005.11401.
7. Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). *Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks*. *Advances in neural information processing systems*.
8. Ruder, S., & Bingel, J. (2017). *Learning what to share between loosely related tasks*. arXiv preprint arXiv:1705.07245.
9. Stacey, A., Feng, S., and Wallace, B. (2023). *Adaptation with Self-Evaluation to Improve Selective Prediction in LLMs*. arXiv preprint arXiv:2305.01234.
10. Vaswani, A., et al. (2017). *Attention is All You Need*. arXiv preprint arXiv:1706.03762.
11. Karpukhin, Vladimir, et al. «Dense Passage Retrieval for Open-Domain Question Answering». arXiv preprint arXiv:2004.04906 (2020).
12. Yang, Peilin, et al. «Anserini: Enabling the Use of Lucene for Information Retrieval Research». *Proceedings of the 40th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*. 2017.
13. Kryściński, Wojciech, et al. «Evaluating the Factual Consistency of Abstractive Text Summarization». arXiv preprint arXiv:1910.12840 (2019).
14. Lewis, M., Liu, Y., Goyal, N., Ghazvininejad, M., Mohamed, A., Levy, O., ... & Zettlemoyer, L. (2019). *BART: Denoising Sequence-to-Sequence Pre-training for Natural Language Generation, Translation, and Comprehension*. arXiv preprint arXiv:1910.13461.

KEYWORDS: *clean energy index, fuel efficiency index, green energy assessment, environmental cleanliness in energy production, carbon footprint assessment, artificial intelligence in the energy sector, AI solutions, large language models, improved energy consumption indicators.*

# ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ

в едином пространстве

## WELDBOOK

КОМПАНИЯ ООО «НГС-ЭКСПЕРТ» ПРОДОЛЖАЕТ ЦИФРОВИЗАЦИЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ЛАБОРАТОРИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА В ИТ-ПЛАТФОРМЕ WELDBOOK. СЕГОДНЯ УЖЕ ВСЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ КОНТРОЛЯ ВЕДУТСЯ В ЕДИНОМ ЦИФРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ WELDBOOK, ЗАДЕЙСТВУЮТСЯ ВСЕ НЕОБХОДИМЫЕ АТТРИБУТЫ, ФУНКЦИИ И МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗАКЛЮЧЕНИЙ И ПРОТОКОЛОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ. В ПРЕДЫДУЩЕЙ СТАТЬЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР КОМПАНИИ МАКСИМ ВЛАДИМИРОВИЧ ЛИТВИНОВ РАССКАЗЫВАЛ О ТОМ, КАК ООО «НГС-ЭКСПЕРТ» ПРОДОЛЖАЕТ ПРИБЛИЖАТЬСЯ К ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ, ШАГ ЗА ШАГОМ РАЗВИВАЯ ОПЫТ, НАВЫКИ И ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ. СЕГОДНЯ ОН ДЕЛИТСЯ С ЧИТАТЕЛЯМИ NEFTEGAZ.RU РЕЗУЛЬТАТАМИ ЭТОГО НОВОГО ОПЫТА

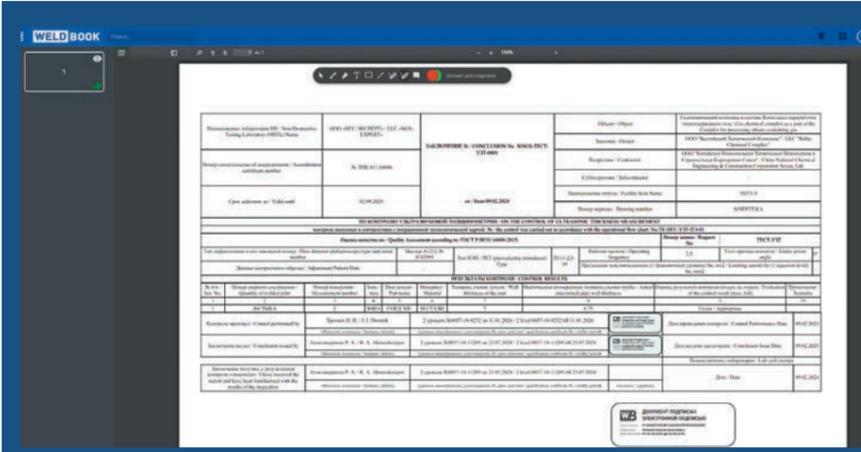
*NGS-EXPERT LLC CONTINUES TO DIGITALIZE THE BUSINESS PROCESSES OF THE QUALITY CONTROL LABORATORY IN THE WELDBOOK IT PLATFORM. TODAY, ALL DISCIPLINES AND TYPES OF CONTROL ARE CARRIED OUT IN A SINGLE DIGITAL WELDBOOK SPACE, ALL NECESSARY ATTRIBUTES, FUNCTIONS AND A MOBILE APPLICATION FOR CREATING CONCLUSIONS AND PROTOCOLS DURING WORK ARE USED. IN THE PREVIOUS ARTICLE, MAXIM VLADIMIROVICH LITVINOV, THE COMPANY'S EXECUTIVE DIRECTOR SPOKE ABOUT HOW NGS-EXPERT LLC CONTINUES TO APPROACH DIGITAL TRANSFORMATION, DEVELOPING EXPERIENCE, SKILLS AND DIGITAL TOOLS STEP BY STEP. TODAY, HE SHARES THE RESULTS OF THIS NEW EXPERIENCE WITH THE READERS OF NEFTEGAZ.RU*

Ключевые слова: цифровизация бизнес-процессов, лаборатория контроля качества, ИТ-платформа, единое цифровое пространство, цифровая трансформация.

**Литвинов  
Максим Владимирович**  
исполнительный директор  
ООО «НГС-ЭКСПЕРТ»

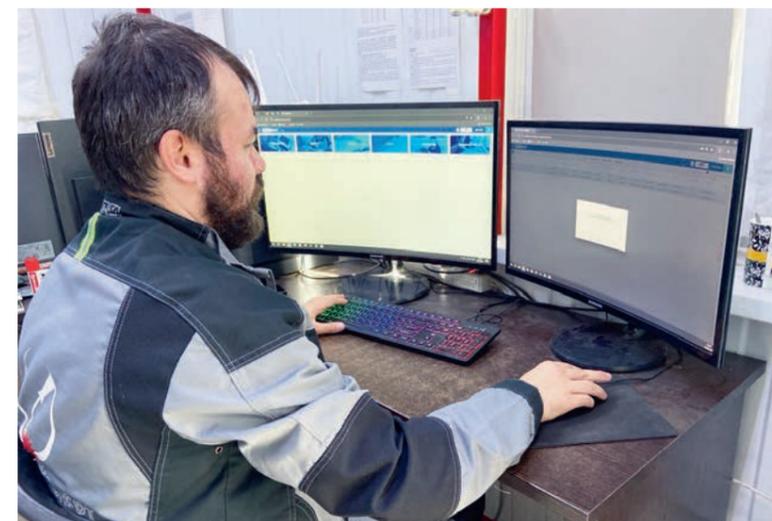
На проекте строительства газохимического комплекса в составе комплекса переработки этансодержащего газа в Усть-Луге при выполнении неразрушающего контроля качества трубопроводных систем и оборудования нами внедрен полный цифровой документооборот между заказчиком, строительным подрядчиком и лабораторией с применением усиленной электронно-цифровой подписи (УКЭП).

Фактически впервые в России на особо опасном производственном объекте на базе полностью отечественной платформы WELDBOOK реализован электронный документооборот в системе контроля качества сварочного производства, функции создания электронного документа, его подписания с помощью ЭЦП и передача заказчику.



**Подписание документов о качестве электронной цифровой подписью** – это гарантия достоверности данных и ключ к выстраиванию стопроцентной прослеживаемости

РЕКЛАМА



**Документ, заверенный электронной подписью**, полностью легитимен и обладает юридической силой

Подписание документов о качестве электронной цифровой подписью – это гарантия достоверности данных и ключ к выстраиванию стопроцентной прослеживаемости. Как подтвердить, что именно этот документ подписан именно этими специалистами? Как обезопасить себя от подлога, подделки документов? С технической точки зрения электронная подпись – это особый криптографически защищенный файл. Он подтверждает личность и полномочия человека, подписавшего таким образом документ.

Электронную подпись генерирует средство криптографической защиты информации. Оно сканирует документ и создает его хеш-сумму. Проверить подпись можно с помощью сертификата открытого ключа: если хеш-сумма совпадает, значит, документ не меняли после его подписания. Если же есть несовпадения, подпись теряет юридическую силу. После подписания документы мгновенно отправляются заказчику, и для генерального подрядчика, и для ООО «Балтийский химический комплекс», и для любых проверяющих органов, включая Ростехнадзор, такой документ имеет полную легитимность и обладает юридической силой.

Внедрение цифрового документа с использованием УКЭП между клиентом, строительным подрядчиком и лабораторией ООО «НГС-ЭКСПЕРТ» на одной из важнейших стратегических площадок строительства в Ленинградской области пос. Усть-Луга стало важным шагом вперед в управлении документами. Это достижение особенно важно для особо опасных производственных объектов, где требования к качеству являются высокорегулируемыми и чувствительными.

**Электронный документооборот** в системе контроля качества сварочного производства, с формированием и подписанием документов УКЭП, впервые применен на особо опасном производственном объекте на базе полностью отечественной платформы WELDBOOK

## WELDBOOK

### Приверженность к цифровым инновациям

ООО «НГС-ЭКСПЕРТ» продолжает демонстрировать свою приверженность к цифровым инновациям, устанавливая новый стандарт для эффективности, сотрудничества и прозрачности в отрасли.

Стратегическое партнерство с WELDBOOK позволяет компании переопределять ландшафт контроля качества в отрасли.

### Будущее отрасли: более надежное и защищенное

Внедрение платформы WELDBOOK с использованием цифрового документа с УКЭП – это важные шаги вперед в направлении более надежной и защищенной отрасли.

ООО «НГС-ЭКСПЕРТ» продолжает совершать революционные шаги в направлении цифровой трансформации, что способствует повышению эффективности, прозрачности и безопасности в отрасли.

KEYWORDS: digitalization of business processes, quality control laboratory, IT platform, unified digital space, digital transformation.



# ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

## Туронского яруса Западной Сибири



**Кондратьев  
Антон Евгеньевич**  
ФГБОУ ВО «Тюменский  
индустриальный  
университет»,  
студент

В СТАТЬЕ ПРЕДСТАВЛЕН ОБЗОР ГЕОЛОГИЧЕСКИХ, ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ДОБЫЧИ ГАЗА В ЗАЛЕЖАХ ТУРОНСКОГО ЯРУСА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ. АВТОР АНАЛИЗИРУЕТ СЛОЖНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ РЕГИОНА, ГОВОРИТ О НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ТАКИХ КАК ГИДРОРАЗРЫВ ПЛАСТА, ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ И СУБГОРИЗОНТАЛЬНОЕ БУРЕНИЕ, МНОГОЗАБОЙНЫЕ И МНОГСТВОЛЬНЫЕ СКВАЖИНЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ИЗ ПЛОТНЫХ ПОРОД) И ПОВЫШЕНИЯ ВНИМАНИЯ К ЭКОЛОГИЧЕСКИМ АСПЕКТАМ ПРОЦЕССА. ОСНОВНОЙ ВЫВОД ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ТОМ, ЧТО РАЗРАБОТКА ЗАЛЕЖЕЙ ГАЗА ТУРОНСКОГО ЯРУСА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ТРЕБУЕТ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА, ИНЖЕНЕРНЫХ ИННОВАЦИЙ, ВЫСОКИХ СТАНДАРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ И УЧЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

*THE ARTICLE PRESENTS AN OVERVIEW OF THE GEOLOGICAL, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS OF GAS PRODUCTION IN THE TURONIAN STAGE DEPOSITS OF WESTERN SIBERIA. THE AUTHOR ANALYZES THE DIFFICULTIES ASSOCIATED WITH THE GEOLOGICAL FEATURES OF THE REGION, TALKS ABOUT THE NEED TO USE ADVANCED TECHNOLOGIES (SUCH AS HYDRAULIC FRACTURING, HORIZONTAL AND SUBHORIZONTAL DRILLING, MULTIBRANCH AND MULTILATERAL WELLS FOR EFFICIENT PRODUCTION OF NATURAL GAS FROM TIGHT ROCKS) AND INCREASED ATTENTION TO THE ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE PROCESS. THE MAIN CONCLUSION IS THAT THE DEVELOPMENT OF TURONIAN STAGE GAS DEPOSITS IN WESTERN SIBERIA REQUIRES A PACKAGE APPROACH, ENGINEERING INNOVATIONS, HIGH SAFETY STANDARDS AND CONSIDERATION OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY*

Ключевые слова: туронские залежи, низкопроницаемые пласты, гидроразрыв пласта, многозабойные скважины, Западная Сибирь.

Туронские залежи газа Западной Сибири относятся к геологическому периоду, который называется туронским этапом. Этот период является частью поздней Меловой эры и охватывает временной промежуток примерно от 93 до 89 миллионов лет назад. Залежи, сформированные в течение этого периода, характеризуются определенными особенностями, которые влияют на их эксплуатацию и добычу [2].

Объем природного газа в туронских залежах Западной Сибири является одним из самых значительных на территории России и мира. Туронские отложения включают в себя множество газоносных пластов, которые содержат огромные запасы природного газа. В Западной Сибири, в основном в Тюменской области, находятся крупнейшие газовые месторождения, такие как Уренгойское, Ямбургское, Бованенковское и другие. Эти месторождения расположены в основном на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Точно оценить объем природного газа в туронских залежах Западной Сибири довольно сложно. Однако, согласно официальным данным, запасы газа в этих залежах оцениваются в несколько триллионов кубических метров.

Туронский газоносный комплекс на севере Западной Сибири является значительным ресурсом для добычи природного газа. Он содержит доказанные промышленные запасы газа на нескольких месторождениях, таких как Заполярное, Ленское, Новочасельское, Тэрельское, Харампурское и Южно-Русское. Начальные запасы газа по сумме категорий С1+С2 превышает 1,3 трлн м<sup>3</sup>.

### ФАКТЫ Туронский этап

период поздней Меловой эры, охватывающий временной промежуток в 93–89 миллионов лет

Это означает, что есть потенциал для промышленной добычи природного газа на уровне до 35 млрд м<sup>3</sup> газа в год. Кроме того, некоторые исследователи предполагают, что продуктивные отложения туронского яруса могут быть обнаружены и на других месторождениях, таких как Медвежье, Губкинское, Вынгапуровское и другие. Это дополнительный фактор, который может повысить эффективность разработки газоносных залежей в данном регионе [15].

Важность туронских залежей для энергетического сектора России трудно переоценить. Западная Сибирь является одним из крупнейших регионов добычи природного газа в мире, и туронские газоносные слои играют в этом не последнюю роль.

Геологическая структура туронских залежей представляет собой сложную систему, которая образовалась в результате длительных геологических процессов, включая тектонические сдвиги, осадконакопление и денудацию.

Для увеличения добычи газа на месторождениях севера Западной Сибири необходимо осваивать залежи

с низкими фильтрационными и емкостными характеристиками. Текущие методы разработки и схемы вскрытия пластов уже не соответствуют растущим требованиям в области техники, экономики и экологии. Эксплуатация Туронских залежей требует применения передовых технологий бурения, включая гидроразрыв пласта, бурение горизонтальных, субгоризонтальных, многозабойных и многоствольных скважин, что позволяет максимально эффективно извлекать углеводороды из плотных пород. Кроме того, для повышения эффективности добычи активно используются методы трехмерной сейсморазведки для детального изучения структуры залежей [14].

Гидроразрыв пласта (или гидроразрыв горизонта) является инновационной технологией, которая революционизировала процесс добычи углеводородов из пород, таких как сланцы и известняки. Эта техника позволяет добывать углеводороды из пород путем создания трещин и увеличения их проницаемости. Гидроразрыв пласта основан на внедрении в пласт под высоким давлением специальной жидкости с добавлением пропанта (например, песка). Под действием этого давления порода начинает трескаться, образуя микротрещины, через которые углеводороды могут проникнуть к скважине и быть извлечены на поверхность. Эффективность гидроразрыва пласта заключается в увеличении добычи углеводородов. Гидроразрыв позволяет извлечь значительно больше углеводородов из плотных пород, которые ранее были недоступны для добычи традиционными методами, то есть делает добычу углеводородов из плотных пород более эффективной, что, в свою очередь, увеличивает экономическую прибыль от проекта [7]. Также гидроразрыв увеличивает проницаемость породы, создавая трещины в пласте и увеличивая его проницаемость, что позволяет углеводородам легче проникать к скважине [9].

Гидроразрыв пласта является эффективным инструментом в добыче углеводородов из пород с низкой проницаемостью и играет важную роль в обеспечении энергетической безопасности и экономического развития многих стран. Однако необходимо учитывать экологические и экономические аспекты при использовании этой технологии.

Горизонтальные и субгоризонтальные скважины являются эффективными технологиями в добыче углеводородов. Они позволяют максимизировать объем добычи из неоднородных пластов, принимая во внимание их геологические особенности.

Принцип горизонтальных скважин заключается в том, что они начинают свое наклонное направление на глубине, приблизительно равному уровню пласта, а затем продолжают плавно идти горизонтально в толще пласта. Это позволяет максимально использовать площадь контакта с пластом и снизить гидродинамическое сопротивление при эксплуатации скважины. Такая геометрия позволяет увеличить поверхность контакта между скважиной и продуктивным пластом, что увеличивает проникающую

**ФАКТЫ****1,3****трлн м<sup>3</sup>**

превышают запасы газа туронского газоносного комплекса по сумме категорий C1+C2

способность скважины и повышает общую производительность [8].

Субгоризонтальные скважины, в свою очередь, имеют наклон, близкий к горизонтальному, но не полностью параллельный поверхности земли.

Они используются там, где горизонтальное бурение является сложной задачей, например в районах с геологическими препятствиями. Субгоризонтальные скважины имеют большую наклонную длину и могут быть оснащены специальными системами навигации и стабилизации, чтобы обеспечить точность направления бурения.

Обе эти технологии вместе обеспечивают более эффективную и экономически выгодную добычу углеводородов. Ранее при использовании горизонтальных и субгоризонтальных скважин возникали такие проблемы, как гидравлические трещины или попадание воды в скважину из соседних пластов, но современная технология бурения и мониторинга позволяет справиться с этими вызовами и максимизировать эффективность добычи углеводородов из сложных и неоднородных пластов.

Многозабойные и многоствольные скважины являются эффективными технологиями для добычи углеводородов. Они представляют собой инновационные и сложные технологические сооружения, которые используются в нефтегазовой промышленности.

Технология многозабойной скважины основана на принципе одновременной эксплуатации нескольких горизонтальных или наклонных скважин, соединенных с вертикальной скважиной, и представляет собой одно из самых совершенных и продвинутых решений для повышения эффективности добычи углеводородов [11].

Основной принцип многозабойных скважин заключается в том, что они позволяют проводить добычу углеводородов с нескольких точек одновременно. Это достигается за счет использования особого строения и конструкции этих скважин. Вертикальная часть скважины обычно является основной, ее функцией

является доставка рабочей среды (воды, пара или пара с добавками) в пластовые породы. Горизонтальные или наклонные части скважин, идущие параллельно пластам с углеводородами, обеспечивают более широкую площадь контакта с пластовыми породами, что способствует максимальному извлечению углеводородов [4].

Применение многозабойных скважин по сравнению с одноствольными позволяет значительно увеличить показатели добычи углеводородов. Это связано с большой поверхностью фильтрации и большим объемом дренирования пласта. Благодаря такому подходу удается достичь оптимальных условий для эффективной добычи углеводородов, так как процесс добычи осуществляется из нескольких точек одновременно [12].

Многозабойные скважины имеют также преимущества в сравнении с обычными однозабойными скважинами. Они обеспечивают большую интенсивность добычи углеводородов, способствуют снижению издержек на бурение новых скважин, а также сокращению последующих ремонтных работ и вмешательств. В целом использование данной технологии способствует повышению эффективности добычи углеводородов и увеличению производительности месторождений.

Многозабойные скважины позволяют достичь оптимальных условий для добычи углеводородов, увеличить производительность месторождений и снизить затраты на бурение новых скважин. Многозабойные скважины представляют собой передовую технологическую разработку и активно применяются в нефтегазовой промышленности для эффективной добычи углеводородов.

Принцип многоствольных скважин для добычи углеводородов основан на использовании нескольких параллельно бурящихся скважин, которые направлены к одной залежи. Эта технология является эффективным методом для увеличения объема добычи таких ценных ископаемых, как нефть и газ.

Процесс создания многоствольных скважин начинается с многократного бурения вертикального ствола в назначенном месте. Затем на определенной глубине буровая установка меняет направление и продолжает бурение под углом к вертикальному стволу. Таким образом, формируется группа горизонтальных стволов, расположенных параллельно и направленных к залежам углеводородов [10].

Преимущества такого подхода являются очевидными. Во-первых, благодаря горизонтальному бурению многоствольные скважины могут охватывать большие площади и выводить на добычу гораздо больше полезных ископаемых [6]. Во-вторых, многоствольные скважины позволяют увеличить общую производительность и экономическую эффективность добычи углеводородов. За счет параллельного размещения скважин возможно добывать больше углеводородов.

**ФАКТЫ****35** млрд м<sup>3</sup>

газа в год составляет потенциал промышленной добычи природного газа Туронского яруса

Кроме того, многоствольные скважины позволяют использовать водные режимы для повышения производительности пласта. Получив данные о проницаемости горных пород, можно определить оптимальные параметры разработки залежей и выбрать наиболее эффективные методы добычи. Водные режимы могут быть использованы для искусственного повышения давления внутри пласта и увеличения пластовой фильтрации, что в конечном счете повышает общую производительность скважины.

Многоствольные скважины требуют более сложных технологических процессов и специфических навыков в бурении и эксплуатации, но благодаря их эффективности и возможности максимизировать добычу углеводородов многоствольные скважины становятся все более распространенным методом в нефтяной и газовой промышленности.

Транспортировка газа с туронских залежей также имеет свои особенности, поскольку требует строительства и поддержания широкой сети газопроводов, которая обеспечивает доставку газа к потребителям не только внутри России, но и для экспорта.

Экологический аспект добычи газа с туронских залежей также находится в центре внимания. В связи с этим применяются меры по минимизации воздействия на окружающую среду, включая сокращение выбросов парниковых газов, использование закрытых систем обращения с буровыми отходами и восстановление нарушенных земель.

Туронский газ является самым молодым как по возрасту залегающего, так и с точки зрения начала добычи в России. Добыча туронского газа в России началась лишь в 2011 году. Туронский ярус (от древнего названия французского города Тур) залегает на глубине порядка 800 метров. Особенность этих залежей заключается в неоднородности и изменчивости по литологическому составу, а также в низкой проницаемости коллекторов, что обусловлено повышенной глинистостью и наличием глинистого цемента [3].

Разработка туронских залежей газа в Западной Сибири представляет собой сложный инженерно-геологический и экономический процесс. Сложность разработки связана с рядом факторов:

#### • Геологические особенности

Залежи газа могут находиться на значительных глубинах и в труднодоступных геологических структурах, что усложняет их изучение и добычу. Кроме того, газ может находиться в низкопроницаемых и трудноизвлекаемых пластах, что требует применения специализированных технологий добычи, таких как гидроразрыв пласта. Также месторождения могут обладать сложной структурой с множеством трещин и неоднородностей, что делает трудным точное определение местоположения залежей и оптимизацию процесса их разработки.

#### • Климатические условия

Западная Сибирь характеризуется суровым климатом с долгой и холодной зимой, что затрудняет проведение геолого-разведочных работ и строительство инфраструктуры. При низких температурах и высоком давлении воды, содержащейся в природном газе, могут образовываться гидраты, которые могут заблокировать оборудование скважины и трубопроводы. Для их предотвращения применяются антигидратные добавки или физические методы подогрева.

#### • Инфраструктурные вызовы

Для транспортировки газа необходимо строить расширенную сеть газопроводов в удаленных и малонаселенных районах, что требует значительных капитальных вложений.

#### • Технологические трудности

Для эффективной эксплуатации туронских залежей требуются передовые технологии бурения, включая горизонтальное бурение и гидравлический разрыв пласта. Эти технологии сложны в реализации и требуют высокой квалификации персонала.

#### • Экологические риски

Добыча газа в экологически чувствительных районах Западной Сибири требует строго соблюдения экологических норм и стандартов, чтобы минимизировать воздействие на окружающую среду и устойчивые экосистемы.

#### • Экономическая рентабельность

Высокие затраты на разведку, добычу и транспортировку могут снижать экономическую привлекательность проектов, особенно в условиях колебания мировых цен на энергоресурсы.

#### • Политические факторы

Разработка газовых залежей также подвержена влиянию законодательства, налоговой

## ФАКТЫ

### Субгоризонтальные скважины

имеют большую наклонную длину и могут быть оснащены системами навигации и стабилизации

политики и международных санкций, что может влиять на инвестиционный климат и доступ к технологиям.

Решение этих задач требует комплексного подхода, включая инвестиции в научные исследования, разработку адаптированных технологий, обеспечение высоких стандартов безопасности и сотрудничество с местными сообществами. Только так можно достичь эффективной и устойчивой разработки туронских залежей газа в Западной Сибири.

Температуры, близкие к отрицательным и гидратообразование являются значительными препятствиями при разработке газовых месторождений, включая туронские залежи в Западной Сибири. Эти факторы оказывают влияние как на процесс добычи, так и на последующую транспортировку газа.

Зима в Западной Сибири характеризуется чрезвычайно низкими температурами, которые могут опускаться до -50 градусов Цельсия и ниже. Такие условия предъявляют особые требования к оборудованию и материалам, используемым при разработке месторождений. Металлы, пластики и другие материалы должны сохранять свою прочность и эластичность при экстремально низких температурах. Это требует использования специальных сплавов и конструкционных решений, устойчивых к холоду.

Гидраты природного газа представляют собой твердые кристаллические вещества, которые образуются при высоких давлениях и низких температурах в присутствии воды. Они могут формироваться в буровых скважинах, трубопроводах и оборудовании, приводя к отложению и блокированию потока газа [13]. Поскольку гидраты имеют многочисленные проблемы, связанные с их образованием и разрушением, их влияние на газовые скважины является одной из наиболее значимых проблем в энергетической отрасли. Как только гидраты начинают образовываться внутри скважины, они начинают препятствовать нормальной эксплуатации скважины.

Одна из проблем, связанных с гидратами, заключается в образовании гидратных пробок внутри скважины. Гидратные пробки могут состоять из льда и газа и препятствовать естественному движению газового потока.

Когда газ проходит через такую пробку, происходит увеличение давления, что может вызвать взрыв. Для борьбы с этим явлением применяются ингибиторы гидратообразования, методы нагрева труб и оборудования, а также снижения давления в системе, что ведет к увеличению эксплуатационных расходов [1]. С точки зрения экономики дополнительные затраты на антигидратные меры, специализированное оборудование и обеспечение безопасности труда увеличивают стоимость добычи газа. В условиях колебания цен на мировом рынке это может оказывать влияние на рентабельность проекта. Также необходимость использования антигидратных химических реагентов и утилизация этих веществ после использования требует внимательного подхода к вопросам экологии и устойчивого развития.

Разработка и эксплуатация туронских залежей газа в Западной Сибири требуют комплексного подхода к решению проблем, связанных с низкими температурами и гидратообразованием. Это включает в себя применение инженерных инноваций, усиление мер безопасности и постоянный мониторинг эксплуатационных процессов для обеспечения стабильной и безопасной добычи газа.

Разработка залежей газа туронского яруса Западной Сибири представляет собой сложную и важную проблему, требующую серьезного исследования и комплексного подхода. В обзорной статье были проанализированы основные аспекты этой проблемы, включая геологическую структуру, экологические и экономические аспекты.

Одним из основных выводов данного обзора является то, что разработка залежей газа туронского яруса является сложным и многогранным процессом. Важно учитывать геологические особенности, а также применять современные технологии для максимизации эффективности добычи.

Также в статье отмечается важность экологической составляющей при разработке залежей газа. Необходимо уделять особое внимание минимизации воздействия на окружающую среду и обеспечению экологической безопасности процессов добычи, переработки и транспортировки.

В заключение обзорная статья «Проблемы разработки газовых залежей туронского яруса Западной Сибири» подчеркивает существующие технологии, важность дальнейших исследований и разработок в этой области. Только благодаря системному подходу, современным технологиям и учету экологических факторов можно достичь успешной и устойчивой добычи газа. ●

## ФАКТЫ

# 800 м

составляет глубина залегания Туронского яруса

## Литература

1. Аспекты технологической надежности и экономической эффективности эксплуатации подземных хранилищ природного газа Западной Сибири / А.Н. Шиповалов, Ю.Д. Земенков, С.Ю. Торопов [и др.]. – 2012. – С. 106–109.
2. Информационно-аналитический портал Neftegaz.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/geologorazvedka-i-geologorazvedochnoe-oborudovanie/141977-geokhronologicheskaya-shkala/>.
3. Информационно-аналитический портал Neftegaz.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/mestorozhdeniya/142113-turonskie-zalezhi/>.
4. Информационно-аналитический портал Neftegaz.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/burenie/142265-mnogozaboynoe-burenie/>.
5. Материалы международной научно-практической конференции молодых исследователей им. Д.И. Менделеева / ТИУ. – 2021. – С. 302–303.
6. Материалы Международной научно-практической конференции молодых исследователей им. Д.И. Менделеева / ТИУ. – 2020. – С. 316 с.
7. Мулявин С.Ф. Проектирование разработки газовых и газоконденсатных месторождений / С.Ф. Мулявин, Г.И. Облеков. – 2015. – 76 с.
8. Нефть и газ: технологии и инновации / ТИУ Т. 1: Геология и геофизика месторождений нефти и газа. Бурение нефтяных и газовых скважин. Разработка нефтяных и газовых месторождений. Строительство и обустройство нефтегазопромыслов. Проектирование, сооружение и эксплуатация систем транспорта углеводородного сырья. Автоматизация, моделирование и информационные технологии в нефтегазовой отрасли и геологии. – 2019. – С. 29–30.
9. Савченков А.Л. Технология промышленной подготовки нефти / А.Л. Савченков. – 2017. – 36 с.
10. Севастьянов А.А. Разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти / А.А. Севастьянов, К.В. Коровин, О.П. Зотова. – 2017. – 78 с.
11. Сооружение многоствольных (многозабойных) скважин с горизонтальным окончанием / Д.Л. Бакиров, В.П. Овчинников, М.М. Фаттахов [и др.] // Нефтепромысловое дело. – 2021. – № 1 (625). – С. 64–69.
12. Сохошко С.К. Моделирование пологих и горизонтальных нефтяных и газовых скважин / С.К. Сохошко. – 2015. – 14 с.
13. Техника и технологии сбора и подготовки нефти и газа / Ю.Д. Земенков, М.А. Александров, Л.М. Маркова [и др.]; ред. Ю.Д. Земенков. – 2015. – 67с.
14. Технологические основы вызова притока и освоение скважин / И.Г. Яковлев, К.В. Бекмурзаев, А.Ф. Семеновко, Т.М. Семеновко. – 2017. – 100 с.
15. Якимов И.Е. Разработка и исследование методов и технологий освоения трудноизвлекаемых запасов газа / И.Е. Якимов. – 2008. – 8 с.

KEYWORDS: Turonian reservoir, low-permeable bed, hydraulic fracturing, multi hole wells, Western Siberia.

# ГАЗОТУРБИННЫЕ СТАНЦИИ

## для предприятий нефте- и газодобычи

В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ЕСТЬ СВОИ ОСОБЕННОСТИ. НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ УНИКАЛЬНОСТЬ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ, НАЛИЧИЕ ПЕРЕГРУЗОК, АВТОНОМНОСТЬ РАБОТЫ ОТ ВНЕШНЕЙ СЕТИ, ТРЕБОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ, МАСШТАБИРУЕМОСТИ, А ТАКЖЕ ВЫСОКОЙ НАДЕЖНОСТИ И, КАК СЛЕДСТВИЕ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА. ЭТИМ ТРЕБОВАНИЯМ ОТВЕЧАЮТ ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ. РАЗРАБОТЧИКИ ТАКОВЫХ РАССКАЗАЛИ О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ПРИМЕНЕНИЯ ГТУ ДЛЯ ЭНЕРГО- И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА, В ЧАСТНОСТИ НЕФТЕ- И ГАЗОДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ

*THERE ARE SOME SPECIFIC FEATURES IN DESIGNING POWER SUPPLY SYSTEMS FOR OIL AND GAS INDUSTRY ENTERPRISES. IT IS NECESSARY TO TAKE INTO ACCOUNT THE UNIQUENESS OF OPERATING CONDITIONS, THE PRESENCE OF OVERLOADS, THE AUTONOMY OF OPERATION FROM THE EXTERNAL NETWORK, THE REQUIREMENT FOR ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS, SCALABILITY, AS WELL AS HIGH RELIABILITY, AND, AS A RESULT, ENSURING AN UNINTERRUPTED PRODUCTION PROCESS. GAS TURBINE UNITS MEET THESE REQUIREMENTS. THE DEVELOPERS OF SUCH UNITS SPOKE ABOUT THE ADVANTAGES OF USING GTUS FOR POWER AND HEAT SUPPLY OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX ENTERPRISES, AND OIL AND GAS PRODUCING COMPANIES IN PARTICULAR*

Ключевые слова: электроснабжение, автономное энергообеспечение, газотурбинные станции, система управления магнитным подвесом, энергообъект.



**Евгений Литвинов**  
заместитель генерального директора,  
главный конструктор  
«ГТ Энерго»

– Евгений Валерьевич, какие энергообъекты востребованы сегодня среди предприятий нефтегазового сектора и удовлетворяют ли их потребностям ваши технологические решения?

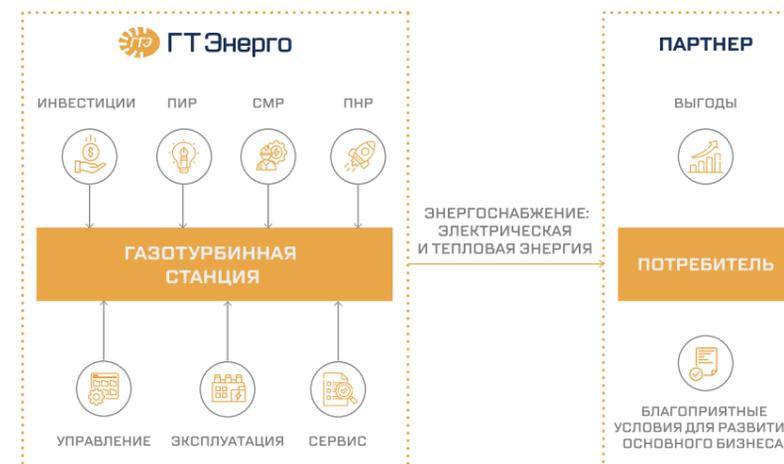
– Сегодня добыча углеводородов все больше смещается к северу. А это уже, как правило, объекты, изолированные от централизованной энергосистемы. Но электричество для ведения хозяйственной деятельности ресурсодобывающих и перерабатывающих предприятий необходимо. И здесь комплексные решения генерации весьма кстати. Для работы турбин требуется только природный или попутный нефтяной газ в качестве топлива. И месторождение, на котором осуществляется добыча газа, а порой и нефти, в этом плане обеспечено всегда. И тут важный момент: на повестке дня по развитию нефтегазовых предприятий стоит создание благоприятных условий для утилизации попутного нефтяного газа. Для нас же это – топливо. То есть, по сути, мы можем использовать этот ресурс, который в противном случае пойдет на утиль.

– А что касается теплоснабжения предприятий, разрабатывающих месторождения нефти и газа: готовы ли обеспечивать тепло промышленные объекты, а также обслуживающие их жилые поселения?

– Конечно. Наши энергоблоки, начиная с самого первого поколения (а сегодня уже внедряется четвертое), способны работать в режиме когенерации, то есть вырабатывать электроэнергию и попутно тепловую мощность на нужды потребителей.

– Кстати, о когенерации: есть ли преимущества такой комбинированной выработки для потребителя?

– Безусловно. Я бы выделил несколько моментов: во-первых, расход топлива на генерацию 1 МВт электроэнергии условно эквивалентен расходу газа на выработку 1 Гкал/ч тепловой энергии. Если источники получения электроэнергии и тепловой мощности будут разными, то получается двойной расход топлива. А это и финансовые издержки, и расходование природных ресурсов. В нашем случае тепло



РЕКЛАМА

вырабатывается параллельно с электричеством, и для этого не требуется дополнительное топливо.

И второй момент: административные ресурсы. Комплексный подход предполагает замыкание на генерирующей компании всех технологических процессов – от разработки решений и строительства станций до их эксплуатации и сервисных работ. Потребитель получает требующиеся ему электричество и тепло и полностью свободен от необходимости содержать штат специалистов для обслуживания объекта генерации и т.д.

– В начале диалога Вы сказали, что нефте- и газодобыча продвигается к северу. Но ведь это суровые условия: влажность, постоянные холода, а где-то даже экстремально низкие температуры. Ваши турбины приспособлены к такому?

– Да, специально для промышленности северных регионов страны мы разработали модификацию нашего энергоблока GT-009GT – так и называется «Арктика». В целом эксплуатация его кардинально не отличается от эксплуатации где-либо в средней полосе России в суровый зимний период. Но учитывая наличие вечной мерзлоты, предполагаются несколько иные строительные решения. Так, обязательным условием является обеспечение изоляции грунта от тепловых потоков для исключения оттаивания вечной мерзлоты под генерирующим объектом и обеспечения стабильного состояния свай, на которые опирается

При проектировании газовой турбины компании «ГТ Энерго» сделан упор на высокую ремонтопригодность и простоту конструкции, поэтому все ремонты, даже капитальный, осуществляются на месте эксплуатации собственным ремонтным персоналом

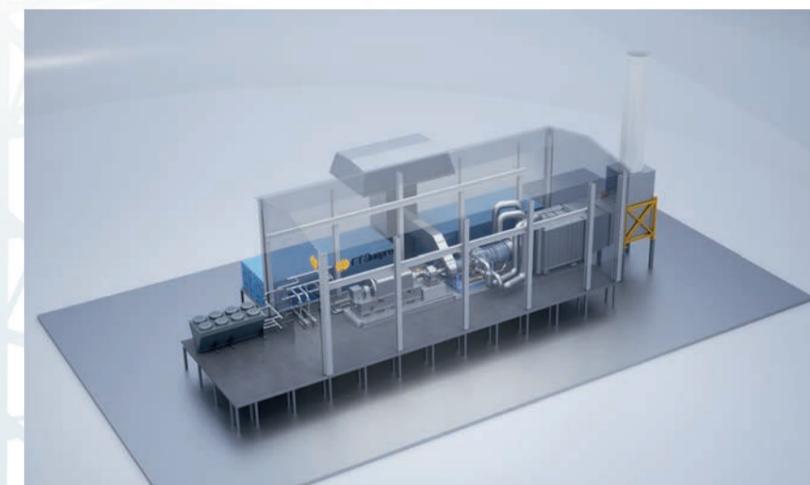
энергокомплекс. Ну и еще особое внимание к материалам: они соответствуют климатическим нормам эксплуатации.

– Про перспективы комплексных решений генерации понятно. А что сейчас используется в качестве источника электрической и тепловой энергии на предприятиях, осваивающих месторождения углеводородов?

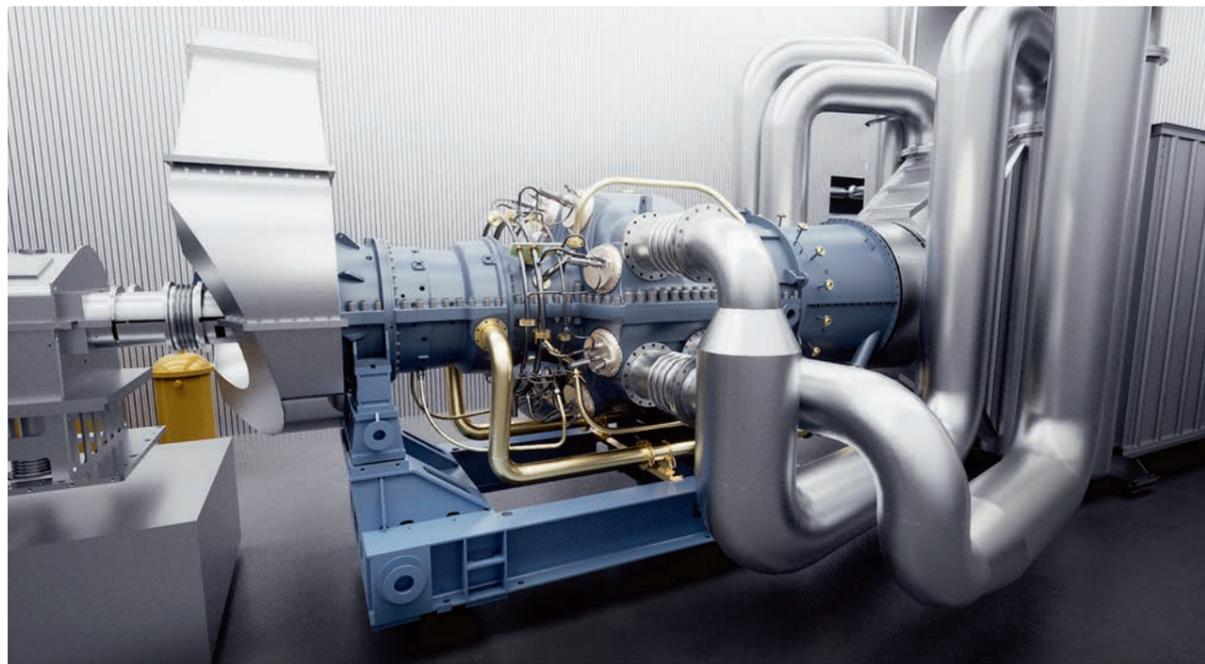
– Газопоршневые установки и преимущественно авиапроизводные газовые турбины. При всех достоинствах последних – малая

масса и габариты и высокая энергетическая отдача – у них есть ряд минусов. Это, во-первых, меньший межсервисный интервал (25 тыс. часов против 50 тыс. до капитального ремонта у наших газовых турбин), меньший назначенный ресурс (100–130 тыс. часов, а наше четвертое поколение нарабатывает 200 тыс.). И стоит отметить особенности ремонта. Самым дорогим элементом турбины являются ее лопатки и элементы камеры сгорания. Так вот, на авиапроизводных турбинах их меняют уже на 25 тыс. часах (у наших турбин – на 50 тыс.).

При этом ремонт авиапроизводных турбин возможен только на площадке завода-изготовителя, что означает необходимость отправки турбины с места эксплуатации и наличия либо резервной турбины, либо снижения надежности электроснабжения на период ремонта. Выполнение ремонта на предприятии-изготовителе авиапроизводных турбин требует высокопрофессионального исполнителя – здесь нужен не просто слесарь-универсал. В то время как на газотурбинных установках компании «ГТ Энерго» все ремонты, даже капитальный, осуществляются на месте



ЭНЕРГОБЛОК GT-009GT АРКТИКА



ГАЗОТУРБИННАЯ УСТАНОВКА ГТ-009М(МЭ)

эксплуатации собственным ремонтным персоналом. Такое решение появилось вследствие того, что при проектировании газовой турбины был сделан упор на высокой ремонтопригодности, простоте конструкции, скорости ремонта и надежности в целом.

При этом также хочу отметить, что принятые при разработке газовой турбины решения позволили сократить количество элементов, подлежащих замене при выполнении капитальных ремонтов. По сути, при наработке 50 тыс. часов осуществляется плановая замена рабочих лопаток первой ступени, элементы камеры сгорания заменяются по состоянию, и уже есть опыт надежной работы при наработках более 50 тыс. часов. Рабочие лопатки второй ступени планово меняются при наработке 75 тыс. часов.

**– Рациональный подход всегда был во главе угла, но сегодня об энергоэффективности говорят все чаще на всех уровнях. Давайте подытожим: как с помощью газовых турбин можно повысить эффективность ресурсодобывающих и других предприятий?**

– Создавать и внедрять оборудование не просто мощное, но и эффективное. Например, при традиционном способе

**Блочно-модульная конструкция, благодаря которой можно собирать станцию требуемой мощности, оставляя часть энергоблоков в качестве резервных, обеспечивает бесперебойность работы предприятия**

получения электроэнергии часть энергии первичного топлива не используется: на выходе получают только электричество. Однако можно увеличить полезный отпуск энергии путем применения когенерации, как и на наших станциях: мы производим не только электроэнергию, но и тепло.

И не стоит забывать еще об одном аспекте, касающемся предприятий ТЭК: здесь важна бесперебойность производственных процессов, а значит, нужны резервные мощности. Нам в этом вопросе помогает блочно-модульная конструкция, благодаря которой можно собирать станцию той мощности, которая требуется, оставляя часть энергоблоков в качестве резервных. В случае необходимости их можно оперативно запустить.

**– Энергопотребление растет, а вместе с ним растут пиковые нагрузки. А они враги бесперебойности. Как тут быть?**

– Как правило, перебои в связи с пиковыми нагрузками свойственны объектам централизованной

энергосистемы. Она не такая гибкая и мобильная, как система распределенной генерации, особенно малой, которую можно использовать в качестве собственного источника энергии. В последнем случае вы сами себе хозяева и планируете мощности исходя из графика ваших энергетических потребностей – можно говорить об обеспечении энергетической независимости и безопасности. А в случае использования комплексного подхода от генерирующей компании, вы большинство забот и ответственности с себя снимаете. Мы для себя давно определили такой подход: каждый должен заниматься своим делом – тем, что он может лучше всего. Добываете нефть и газ? Прекрасно. А мы производим электричество и тепло, снабжая промышленность и жителей светом и теплом. Вот такой у нас «новый энергетический стандарт».

KEYWORDS: power supply, autonomous power supply, gas turbine stations, magnetic suspension control system, power facility.

# ГТ ЭНЕРГО



## КОМПЛЕКСНАЯ УСЛУГА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ - НОВЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СТАНДАРТ

«ГТ Энерго» – генерирующая компания, отечественный разработчик технологических решений для энергетического сектора РФ.

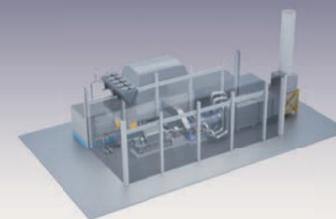
В рамках комплексной услуги осуществляет полный объем работ по строительству, эксплуатации, сервису и управлению современными газотурбинными станциями нового поколения ГТ-009GT на базе специализированных энергетических турбин собственной разработки с обеспечением надежного и эффективного энергоснабжения потребителей партнера.



## ГЕНЕРАЦИЯ НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СТАЦИОНАРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ГАЗОВЫХ ТУРБИН «ГТ ЭНЕРГО»

### Энергоблок ГТ-009GT

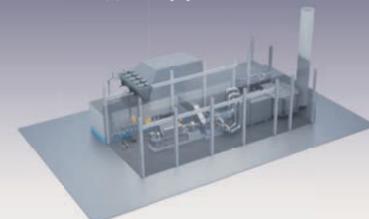
**9 МВт**  
мощность электрическая  
Габаритные размеры  
Д×Ш×В (м) 27×12×10



Стационарная газовая энергетическая турбина ГТ-009М(МЭ) собственной разработки

### Энергоблок ГТ-009GTH

**9 МВт**  
мощность электрическая  
**11 Гкал/ч**  
мощность тепловая  
Габаритные размеры  
Д×Ш×В (м) 34×12×10



### ПРЕИМУЩЕСТВА

1. Полностью отечественное решение для энергетического сектора РФ (локализация 100%)
2. Локальная ремонтопригодность и высокий эксплуатационный ресурс (200 тыс. часов)
3. Высокая надёжность и эффективность (наработка с 2003 года более 2,4 млн часов)
4. Большой опыт успешной эксплуатации на территории РФ (44 энергоблока в работе)

### Энергоблок ГТ-009GT Арктика

**9 МВт**  
мощность электрическая  
Габаритные размеры  
Д×Ш×В (м) 27×10,4×11,5



Исполнение моноблока для северных регионов страны и условий вечной мерзлоты.

5. Пригодность для эксплуатации в любых климатических условиях в автономном режиме
6. Полная автоматизация технологического процесса на базе собственной разработки САУ и АСУ ТП
7. Инновационные технологии – магнитные подшипники ротора ГТУ

+7 495 204 27 33  
marketing@gtenergo.ru  
gtenergo.ru

Москва, ул. Сергея Радонежского, д. 15-17, стр. 2



# ТВЕРДООКСИДНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ – ГЕНЕРАТОРЫ ВОДОРОДА С РЕКОРДНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

## Исследования и разработки ИФТТ РАН

**Агарков Дмитрий Александрович**

ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией,  
к.ф.-м.н., доцент

**Бредихин Сергей Иванович**

главный научный сотрудник, руководитель направления,  
д.ф.-м.н., доцент

Лаборатория водородной энергетики,  
Лаборатория спектроскопии дефектных структур,  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна  
Российской академии наук (ИФТТ РАН)



В СТАТЬЕ РАССМОТРЕНА ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ТВЕРДООКСИДНЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (ТОЭЛЭ). ТОЭЛЭ – ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА, КОТОРЫЕ ЗА СЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, ПОДАВАЕМОЙ ИЗВНЕ, РАСКЛАДЫВАЮТ ВОДУ ДО ВОДОРОДА И КИСЛОРОДА. ДАННЫЙ МЕТОД ЗА СЧЕТ ВЫСОКОЙ РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЛАДАЕТ РЕКОРДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ СРЕДИ ВСЕХ ИЗВЕСТНЫХ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ МЕТОДОВ ГЕНЕРАЦИИ ВОДОРОДА. В СТАТЬЕ ПРИВОДИТСЯ ТЕКУЩИЙ СТАТУС РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ГРУППОЙ В ИНСТИТУТЕ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА ИМЕНИ Ю.А. ОСИПЬЯНА РАН

THIS ARTICLE DISCUSSES THE TECHNOLOGY OF HYDROGEN PRODUCTION BY WATER ELECTROLYSIS USING ELECTROLYSIS PLANTS BASED ON SOLID OXIDE ELECTROLYSIS CELLS (SOECS). SOECS ARE ELECTROCHEMICAL DEVICES THAT DECOMPOSE WATER INTO HYDROGEN AND OXYGEN USING EXTERNALLY SUPPLIED ELECTRICAL ENERGY. DUE TO THE HIGH OPERATING TEMPERATURE, THIS METHOD HAS A RECORD HIGH ENERGY EFFICIENCY AMONG ALL CURRENTLY KNOWN METHODS OF HYDROGEN GENERATION. THE ARTICLE PRESENTS THE CURRENT STATUS OF TECHNOLOGY DEVELOPMENT BY A RESEARCH GROUP AT THE OSIPYAN INSTITUTE OF SOLID STATE PHYSICS RAS

Ключевые слова: генерация водорода, твердооксидные электролизные элементы, ТОЭЛЭ, твердый электролит, катод, анод, батареи ТОЭЛЭ, электролизные установки.

В настоящее время одним из трендов развития мировой энергетики является переход к энергетическим системам с низким углеродным следом [1]. Один из подходов к данному переходу – концепция водородной энергетики [2, 3]. В наши дни около 96% водорода, используемого в энергетике и других отраслях экономики, производится из ископаемого топлива (природного газа, нефти и угля), преимущественно методом паровой конверсии метана (ПКМ) – до 50% от общего количества производимого водорода [4]. Такой подход к генерации водорода противоречит концепции низкоуглеродной экономики, поскольку при производстве водорода из метана выделяется угарный (CO) и углекислый газ (CO<sub>2</sub>).

Полностью безуглеродным методом производства водорода является электролиз воды. В настоящее время подавляющее большинство электролизного водорода [5] в мире производится при помощи щелочных (включая анион-обменные) [6] и протон-обменных [7] электролизных систем. Данные технологии являются, по сути, запущенными в реверсном режиме щелочными (ЩТЭ) и протон-обменными (полимерными, ПОМТЭ) топливными элементами, внедрение которых началось несколько ранее.

Среднее потребление энергии в электролизных системах на базе щелочных электролизных элементов составляет 5,5–6,5 кВт·ч/Нм<sup>3</sup> [8], а на базе протон-обменных – на уровне 4,5–5,5 кВт·ч/Нм<sup>3</sup> [9, 10]. Данные значения потребления энергии объясняются достаточно низкими рабочими температурами (до 150–200 °С), что приводит к низкой тепловой энергии молекулы воды, а также высокой энергии, необходимой для разрыва химической связи.

Наиболее современным и многообещающим подходом к генерации водорода методом электролиза воды являются электролизные установки на твердооксидных электролизных элементах (ТОЭЛЭ) [11, 12]. Электролизные системы на ТОЭЛЭ позволяют снизить потребление энергии на производство водорода до уровня около 3 Нм<sup>3</sup>/час [13, 14]. Такое драматическое снижение потребления энергии объясняется высокой тепловой энергией молекул воды за счет высокой рабочей температуры ТОЭЛЭ по сравнению

### ФАКТЫ

96%

водорода, используемого в энергетике, производится из ископаемого топлива

50%

от общего количества водорода производится методом паровой конверсии метана

с щелочными и протон-обменными электролизными элементами, поскольку для разложения молекулы с большей тепловой энергией требуется меньше подводимой извне электрической энергии. Сравнение различных способов генерации водорода методом электролиза воды на реверсивных топливных элементах (электролизных элементах различных типов) приведено в различных работах [15, 16]. Дополнительным преимуществом технологии генерации водорода с помощью ТОЭЛЭ является возможность утилизации «бросового» тепла с дополнительным снижением потребления электроэнергии – данное преимущество может быть полезно, например, в случае применения технологии на атомных электростанциях [17].

### Твердооксидные электролизные элементы

ТОЭЛЭ являются реверсивными системами по отношению к твердооксидным топливным элементам (ТОТЭ). ТОЭЛЭ – керамический пакет, состоящий из твердого электролита с проводимостью по анионам кислорода, а также двух электродов: катода (топливного) и анода (воздушного). На катод ТОЭЛЭ подается вода в форме пара при температуре около 70–800 °С. За счет каталитической активности материала катода и под действием приложенного

электрического поля молекулы воды диссоциируют до молекул водорода и анионов кислорода. Далее за счет анионной проводимости твердого электролита и под действием электрического поля анионы кислорода переходят с катода на анод, где они собираются в молекулы газообразного кислорода. Процесс схематически показан на рисунке 1.

Единичный ТОЭлЭ с характерным размером 100×100 мм генерирует поток водорода на уровне 9–15 Нл/час. Потребителям, зачастую, требуются существенно большие потоки генерируемого системой водорода. По этой причине единичные ТОЭлЭ собирают в блоки (батареи, стеки) для мультипликации потока водорода за счет увеличения количества ТОЭлЭ [18]. В блоки ТОЭлЭ помимо самих единичных электролизных элементов входят биполярные и концевые токовые коллекторы, обеспечивающие подвод электрической энергии и распределение водяного пара по площади электродов, а также вспомогательные детали. Биполярные токовые коллекторы находятся в контакте с катодом и анодом соседних ТОЭлЭ, а концевые – с одним из электродов крайних ТОЭлЭ в блоке.

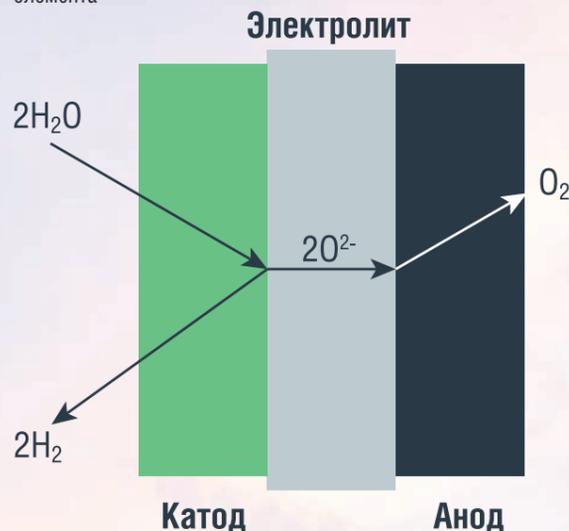
### Научно-технический задел ИФТТ РАН

Исследовательская группа в Институте физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН) с 2003 года проводит систематические исследования в направлении создания отечественной технологии изготовления твердооксидных топливных элементов, батарей и энергетических установок на их основе [19]. С 2021 года начаты систематические работы в области разработки реверсивных по отношению к ТОТЭ устройств – твердооксидных электролизных элементов, генераторов водорода методом электролиза воды.

В качестве несущей основы ТОЭлЭ используются трехслойные или однослойные мембраны твердого электролита с кислород-ионной проводимостью. Мембраны изготавливаются послойно методом литья на движущуюся ленту (tape-casting). Технология изготовления мембран разработана совместно с предприятием АО «НЭВЗ-Керамикс» (г. Новосибирск). В качестве материалов для различных слоев мембран применяются следующие составы из семейства стабилизированного диоксида циркония:

- 10Sc1YSZ (89 мол. %  $ZrO_2$  + 10 мол. %  $Sc_2O_3$  + 1 мол. %  $Y_2O_3$ ),
- 10Sc1Ce1AISZ (88 мол. %  $ZrO_2$  + 10 мол. %  $Sc_2O_3$  + 1 мол. %  $CeO_2$  + 1 мол. %  $Al_2O_3$ ),
- 9Sc1Yb1AISZ (89 мол. %  $ZrO_2$  + 9 мол. %  $Sc_2O_3$  + 1 мол. %  $Yb_2O_3$  + 1 мол. %  $Al_2O_3$ ),
- 6ScSZ (94 мол. %  $ZrO_2$  + 6 мол. %  $Sc_2O_3$ ),
- 6Sc1AISZ (93 мол. %  $ZrO_2$  + 6 мол. %  $Sc_2O_3$  + 1 мол. %  $Al_2O_3$ ).

РИСУНОК 1. Схематичное изображение процессов, протекающих на электродах твердооксидного электролизного элемента



### ФАКТЫ

5,5-6,5  
кВт·ч/Нм<sup>3</sup>

составляет среднее потребление энергии в электролизных системах на базе щелочных электролизных элементов

В настоящее время продолжают работы по оптимизации транспортных и механических характеристики многослойных и однослойных мембран твердого электролита. Тем не менее в 2022 году были выпущены Технические условия [20] на изготовление мембран твердого электролита. Таким образом, данная инновационная продукция стала серийной, в настоящее время по заказу и по запатентованной [21] технологии ИФТТ РАН предприятие АО «НЭВЗ-Керамикс» изготавливает до 10 000 мембран твердого электролита в год.

Помимо мембраны твердого электролита, в состав единичных ТОЭлЭ входят многослойные электроды. Состав и технология их нанесения также разработаны коллективом ИФТТ РАН. Четырехслойный катод и трехслойный анод ТОЭлЭ наносятся послойно методом трафаретной печати (шелкография, screen printing). В настоящее время отработана лабораторная технология изготовления единичных ТОЭлЭ с производительностью до 30–50 штук за рабочую неделю. В технологии используются полностью отечественные материалы без содержания драгоценных металлов. Фотография единичных ТОЭлЭ показана на рисунке 1. Мембрана твердого электролита имеет

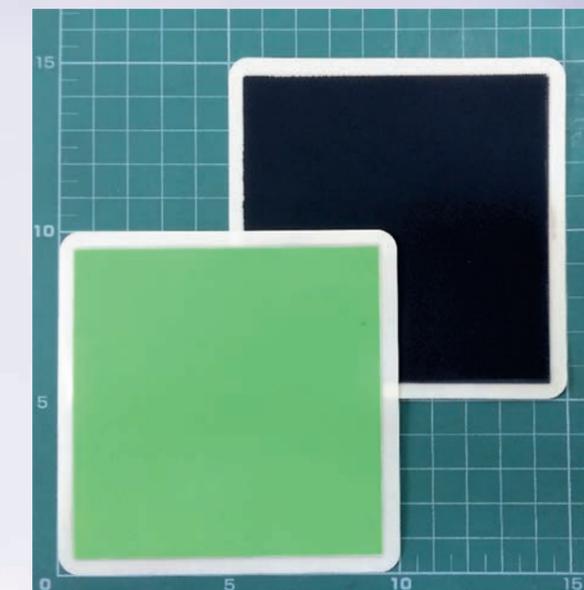
белый цвет, трехслойный анод – черный, а четырехслойный катод – зеленый.

Для передачи электрической энергии (посредством токовой нагрузки) и распределения водяного пара, а также сбора водорода и кислорода с поверхности электродов ТОЭлЭ используются биполярные и концевые токовые коллекторы. Зачастую их изготавливают из ферритной нержавеющей стали, в которой отсутствует фазовый переход «феррит-аустенит» между комнатной температурой и рабочей температурой ТОЭлЭ (до 850 °С для случая разработки ИФТТ РАН), а также температурой герметизации блоков ТОЭлЭ (до 950 °С). Одним из наиболее распространенных вариантов такой стали, используемой в мире для создания токовых коллекторов блоков ТОТЭ и ТОЭлЭ, является сталь Crofer 22 APU/H (ThyssenKrupp, Германия) [22, 23]. Поскольку с 2022 года данная ферритная нержавеющая сталь не поставляется в Российскую Федерацию, были начаты работы по импортозамещению проката на отечественный аналог. По заказу и техническому заданию ИФТТ РАН силами АО «НПО «ЦНИИТМАШ» (входит в контур ГК «Росатом») была разработана технология, изготовлены и переданы в ИФТТ РАН катаные полосы стали-аналога Crofer 22 APU. Подробный и прецизионный элементный анализ показал полное соответствие химического состава заявленным требованиям. Отечественное предприятие ООО «ВМИПТ» подготовило технологию и осуществило прокат полученных полос до требуемой по технологии толщины.

Конструкция биполярных и концевых токовых коллекторов оптимизирована по результатам трехмерного компьютерного моделирования. Примеры элементов используемой компьютерной модели на разных уровнях подробности показаны на рисунке 3.

Полученные результаты оптимизации конструкции биполярных и концевых токовых коллекторов оформлены в виде эскизной конструкторской документации (ЭКД). По разработанной в ИФТТ РАН ЭКД осуществляется изготовление

РИСУНОК 2. Фотография единичных ТОЭлЭ размером 100×100 мм, изготовленных в ИФТТ РАН



### ФАКТЫ

Электролизные системы на ТОЭлЭ позволяют снизить потребление энергии на производство водорода до уровня

ОКОЛО  
3  
Нм<sup>3</sup>/час

биполярных и концевых токовых коллекторов методами гидроабразивной резки (контур и сквозные магистральные газовые каналы), трехкоординатной фрезеровки (большинство обнижений и газовых каналов) и шлифовки. После изготовления на токовые коллекторы гальваническим методом наносится проводящее защитное покрытие по запатентованной технологии [24]. Проводящее защитное покрытие позволяет избежать коррозии токовых коллекторов на временах масштаба как минимум 20–25 тысяч часов [25, 26]. Вакуумный отжиг, который проводится после нанесения

РИСУНОК 3. Примеры элементов используемой компьютерной модели блока ТОЭлЭ

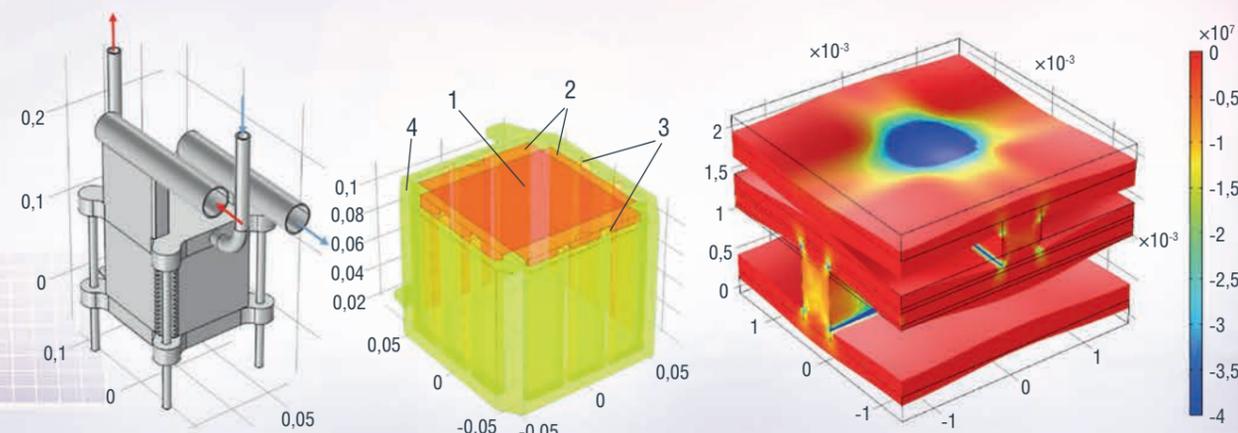


РИСУНОК 4. Повторяющиеся элементы блока ТОЭлЭ: bipolarный токовый коллектор с вклеенным с помощью специального контактного состава единичным ТОЭлЭ, а также с нанесенным по периметру высокотемпературным стеклогерметиком



покрытия, позволяет, с одной стороны, провести интердиффузию компонентов стали и проводящего покрытия, а с другой – улучшить плоскостность полученных токовых коллекторов за счет проведения отжига на калиброванных рихтовочных пластинах.

Единичные ТОЭлЭ клеиваются в токовые коллекторы с нанесенным проводящим защитным покрытием при помощи специального контактного проводящего клея [27]. По периметру токовых коллекторов при помощи робота-дозатора наносится разработанный в ИФТТ РАН высокотемпературный стеклогерметик [28], прокладка которого разделяет паро-водородную и кислородную камеры блока ТОЭлЭ. В результате получают повторяющиеся элементы будущего блока ТОЭлЭ, показанные на рисунке 4.

Из показанных выше повторяющихся элементов по разработанной лабораторной технологии изготавливаются блоки ТОЭлЭ из 30–34 единичных ТОЭлЭ. Проектная производительность полученных блоков по водороду составляет 300–500 Нл/час. Для протекания процесса генерации водорода в блок ТОЭлЭ подается вода в форме пара, в качестве газа-носителя используется водород. Таким образом, во время работы в блок ТОЭлЭ подается паро-водородная смесь, которая готовится в специальном высокотемпературном увлажнителе. Для протекания процесса генерации водорода к блоку ТОЭлЭ также прикладывается напряжение, соответствующее напряжению термонейтральности для отдельных ТОЭлЭ [29]. Такое напряжение позволяет поддерживать температуру блока постоянной.

Блоки ТОЭлЭ, разработанные в ИФТТ РАН проходили исследовательские испытания в специальном высокотемпературном стенде с целью измерения их электрохимических характеристики при генерации водорода. Наибольший интерес при таких исследованиях вызывает потребление электрической энергии на генерацию кубического метра водорода. Исследовательский стенд для

электрохимических испытаний блоков ТОЭлЭ, разработанный и созданный в ИФТТ РАН, состоит из следующих основных компонентов:

- резервуар с водородом, используемым в качестве носителя водяного пара;
- система подготовки деионизованной воды для использования в процессе электролиза;
- высокотемпературный парогенератор-увлажнитель для приготовления паро-водородной смеси при требуемой высокой температуре;
- система подачи воздуха и защитного газа (азота) для проведения предварительных испытаний в режиме ТОЭлЭ;
- высокотемпературная печь для контроля рабочей температуры блока ТОЭлЭ;
- источник тока для подачи в блок ТОЭлЭ электрической энергии;
- блок осушки полученной паро-водородной смеси (существенно более богатой водородом по сравнению с исходной), состоящий из предварительного, теплообменного, а также сорбционного влагоотделителей;
- блок из двух металлгидридных баллонов с отдельными тепловыми контурами для накопления одного во время разрядки второго;
- водородный ресивер для промежуточного накопления водорода;
- водородный компрессор с контуром охлаждения;
- блок хранения полученного водорода.

При испытаниях блока ТОЭлЭ в таком стенде на вход блока подаются паро-водородная смесь и электрическая энергия, а на выходе получается чистый (марка А [30]) водород при давлении до 150 атмосфер. Испытания блока ТОЭлЭ в описанном выше лабораторном исследовательском стенде показали, что при рабочей температуре около 850 °С, расходе воды около 2 мл/мин и токе на ТОЭлЭ от 5 до 25 А удельные энергозатраты на генерацию

водорода (на блок ТОЭлЭ) составляют от 2,96 до 3,77 кВт·ч/Нм<sup>3</sup>, что существенно ниже, чем характерные значения для протон-обменных и щелочных электролизных блоков.

## Выводы

В настоящей статье описана технология получения водорода методом электролиза воды с помощью электролизных установок на базе твердооксидных электролизных элементов (ТОЭлЭ). Данная технология сравнена с применяемыми в настоящее время конкурирующими решениями: щелочными и протон-обменными электролизными системами. В работе приведено описание научно-технического задела Института физики твердого тела имени Ю.А. Осипяна РАН в области ТОЭлЭ: от исходных материалов до блоков ТОЭлЭ производительностью до 300–500 Нл/час. Показано, что удельные энергозатраты на генерацию водорода на блок ТОЭлЭ могут достигать значений ниже 3 кВт·ч/Нм<sup>3</sup>, что существенно ниже, чем характерные значения для протон-обменных и щелочных электролизных блоков. Следующим этапом разработки является создание экспериментальных и опытных образцов электролизных установок на базе описанных блоков ТОЭлЭ. ●

## Литература

1. Garcia-Garcia P. Just energy transitions to low carbon economies: A review of the concept and its effects on labour and income / P. Garcia-Garcia, Ó. Carpintero, L. Buendía // *Energy Research & Social Science*. – 2020. – Vol. 70. – p. 101664.
2. Yue M. Hydrogen energy systems: A critical review of technologies, applications, trends and challenges / M. Yue, H. Lambert, E. Pahon, R. Roche, S. Jemel, D. Hissel // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2021. – Vol. 146. – p. 111180.
3. Filippov S.P. Hydrogen energy: development prospects and materials / S.P. Filippov, A. B. Yaroslavtsev // *Russian Chemical Reviews*. – 2021. – Vol. 90, Num. 6. – p. 627–643.
4. Ji M. Review and comparison of various hydrogen production methods based on costs and life cycle impact assessment indicators / M. Ji, J. Wang // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2021. – Vol. 46, Iss. 78. – p. 38612–38635.
5. Shiva Kumar S. An overview of water electrolysis technologies for green hydrogen production / S. Shiva Kumar, H. Lim // *Energy Reports*. – 2022. – Vol. 8. – p. 13793–13813.
6. Brauns J. Alkaline Water Electrolysis Powered by Renewable Energy: A Review / J. Brauns, T. Turek // *Processes*. – 2020. – Vol. 8, Iss.2. – p. 248.
7. Ayers K. PEM Electrolysis, a Forerunner for Clean Hydrogen / K. Ayers, N. Danilovic, K. Harrison, H. Xu // *The Electrochemical Society Interface*. – 2021. – Vol. 30. – p. 67–71.
8. Guilera J. Carbon footprint of synthetic natural gas through biogas catalytic methanation / J. Guilera, M. Filipe, M. Montesó, I. Mallol, T. Andreu // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – Vol. 287. – p. 125020.
9. Li N. An approach for sizing a PV–battery–electrolyzer–fuel cell energy system: A case study at a field lab / N. Li, Z. Lukszo, J. Schmitz // *An approach for sizing a PV–battery–electrolyzer–fuel cell energy system: A case study at a field lab*. – 2023. – Vol. 181. – p. 113308.
10. Amores E. 9 – Renewable hydrogen production by water electrolysis / E. Amores, M. Sánchez, N. Rojas, M. Sánchez-Molina // *Sustainable Fuel Technologies Handbook*. – 2021. – pp. 271–313.
11. Hauch A. Recent advances in solid oxide cell technology for electrolysis / A. Hauch, R. Küngas, P. Blennow, A. B. Hansen, J. B. Hansen, B. V. Mathiesen, M. B. Mogensen // *Science*. – 2020. – Vol. 370. – p. 6513.
12. Zheng Y. Solid Oxide Electrolysis of H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> to Produce Hydrogen and Low-Carbon Fuels / Y. Zheng, Z. Chen, J. Zhang // *Electrochemical Energy Reviews*. – 2021. – Vol. 4. – pp. 508–517.
13. Lehtinen T. Solid Oxide Electrolyser Demonstrator Development at Elcogen / T. Lehtinen, M. Noponen // *ECS Transactions*. – 2021. – Vol. 103. – p. 1939.
14. Hydrogen Electrolyzers for a Clean Energy Future. – <https://www.bloomenergy.com/bloomelectrolyzer/> – Дата обращения: 13.08.2024.

## ФАКТЫ

До 950 °С

составляет температура герметизации блоков ТОЭлЭ

От 2,96

до 3,77

кВт·ч/Нм<sup>3</sup>

составляют удельные энергозатраты на генерацию водорода на блок ТОЭлЭ

## ФАКТЫ

В 2022

ГОДУ

были выпущены ТУ на изготовление мембран твердого электролита

15. Григорьев С.А. Получение водорода электролизом воды: современное состояние, проблемы и перспективы / С.А. Григорьев, В.И. Порембский, В.Н. Фатеев, Р.О. Самсонов, С.И. Козлов // *Транспорт на альтернативном топливе*. – 2008. – № 3 (3). – С. 62–69.
16. Wang T. PEM water electrolysis for hydrogen production: fundamentals, advances, and prospects / T. Wang, X. Cao, L. Jiao // *Carbon Neutrality*. – 2022. – Vol. 1. – p. 21.
17. Westinghouse and Bloom разрабатывают твердооксидные электролизные установки для крупномасштабного производства водорода на АЭС. – <https://www.atomic-energy.ru/news/2022/06/08/125436> – Дата обращения: 13.08.2024.
18. Solid oxide stacks for electrolyser systems. – <https://elcogen.com/products/solid-oxide-stacks-for-electrolyser-systems/> – Дата обращения: 13.08.2024.
19. Агарков Д. А. Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ) и энергоустановки на их основе / Д. А. Агарков, С.И. Бредихин // *Энергоэксперт*. – 2021. – № 3. – с. 6–8.
20. ТУ 23.44.12.190-193-30742093 – 2022 «Пластини твердого электролита».
21. Агарков Д. А. Мембрана твердого электролита для твердооксидных топливных элементов / Д.А. Агарков, И.Н. Бурмистров, И.Е. Курицына, О.В. Тиунова, Ю.К. Непочатов, С.И. Бредихин // *Патент на полезную модель*. – 2016. – 161024.
22. VDM® Crofer 22 APU, Material Data Sheet No. 4146, Revision 01 March 2022. – [https://www.vdm-metals.com/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Data\\_Sheets/Data\\_Sheet\\_VDM\\_Crofer\\_22\\_APU.pdf](https://www.vdm-metals.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Data_Sheets/Data_Sheet_VDM_Crofer_22_APU.pdf) – Дата обращения: 14.08.2024.
23. VDM® Crofer 22 H, Material Data Sheet No. 4050, Revision 01 July 2021. – [https://www.vdm-metals.com/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Data\\_Sheets/Data\\_Sheet\\_VDM\\_Crofer\\_22\\_H.pdf](https://www.vdm-metals.com/fileadmin/user_upload/Downloads/Data_Sheets/Data_Sheet_VDM_Crofer_22_H.pdf) – Дата обращения: 14.08.2024.
24. Ледуховская Н.В. Электропроводное защитное металлическое покрытие токового коллектора и способ его нанесения / Н.В. Ледуховская, Г.В. Струков, С.И. Бредихин // *Патент на изобретение*. – 2011. – 2465694.
25. Demeneva N.V. Composition-gradient protective coatings for solid oxide fuel cell interconnectors / N.V. Demeneva, O.V. Kononenko, D.V. Matveev, V.V. Kharton, S. I. Bredikhin // *Materials Letters*. – 2019. – Vol. 240. – pp. 201–204.
26. Pikalov O.V. Diffusion Coatings Nickel–Cobalt for Protecting the Current Collectors of Crofer 22 APU Steel Used in Solid Oxide Electrolyzer Cells / O.V. Pikalov, N.V. Demeneva, I.I. Zverkova, S.I. Bredikhin // *Russian Journal of Electrochemistry*. – 2023. – Vol. 3, No. 3. – pp. 169–175.
27. Agarkova E.A. Processing of manganite-based contact layers for stacking of planar solid oxide fuel cells / E.A. Agarkova, D.V. Matveev, Yu.S. Fedotov, A.I. Ivanov, D.A. Agarkov, S.I. Bredikhin // *Materials Letters*. – 2022. – Vol. 309. – p. 131462.
28. Zhigachev A.O. The effect of CaO/MgO content on properties of barium aluminosilicate sealants for solid oxide fuel cells / A.O. Zhigachev, A.R. Iskanderova, D.V. Zhigacheva, E.A. Agarkova, N.V. Demeneva, S.I. Bredikhin // *Journal of Non-Crystalline Solids*. – 2024. – Vol. 628. – p. 122842.
29. Min G. A review of solid oxide steam-electrolysis cell systems: Thermodynamics and thermal integration / G. Min, S. Choi, J. Hong // *Applied Energy*. – 2022. – Vol. 328. – p. 120145.
30. ГОСТ 3022-80 «Водород технический. Технические условия».

KEYWORDS: hydrogen generation, solid oxide electrolysis cells, SOEC, solid electrolyte, cathode, anode, SOEC stacks, electrolysis plants.

# СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## производства, транспортировки и использования жидкого водорода

ВОДОРОД В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ МЕНЕЕ РАСПРОСТРАНЕН, ЧЕМ ТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ. ОДНАКО ОН ЯВЛЯЕТСЯ ПЕРСПЕКТИВНЫМ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕМ ДЛЯ ПЕРЕХОДА К УСТОЙЧИВОЙ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ. РЕШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА ИГРАЕТ РЕШАЮЩУЮ РОЛЬ ДЛЯ ШИРОКОМАСШТАБНОГО ВНЕДРЕНИЯ. ОСОБОЕ ВНИМАНИЕ В РАМКАХ ПРЕДСТАВЛЕННОЙ РАБОТЫ УДЕЛЕНО ЖИДКОМУ ВОДОРОДУ, Т.Е. ТАКОМУ ЕГО СОСТОЯНИЮ, КОТОРОЕ ВОЗМОЖНО ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ МИНУС 253 °С. АВТОРЫ РАССМАТРИВАЮТ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКОГО ВОДОРОДА В ТРАНСПОРТИРОВКЕ, АВТОНОМНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ И АККУМУЛИРОВАНИИ ЭНЕРГИИ

*HYDROGEN IS LESS COMMON THAN TRADITIONAL ENERGY SOURCES IN MODERN POWER INDUSTRY. HOWEVER, IT IS A PROMISING ENERGY SOURCE FOR THE TRANSITION TO A SUSTAINABLE GLOBAL ECONOMY. SOLVING THE ECONOMIC AND TECHNICAL ISSUES OF TRANSPORTING AND STORING HYDROGEN PLAYS A CRUCIAL ROLE FOR LARGE-SCALE IMPLEMENTATION. IN THE PRESENTED WORK PARTICULAR ATTENTION IS GIVEN TO LIQUID HYDROGEN, I.E. ITS STATE, WHICH IS POSSIBLE AT A TEMPERATURE OF MINUS 253 OC. THE AUTHORS CONSIDER THE TECHNOLOGIES FOR OBTAINING, TRANSPORTING AND USING LIQUID HYDROGEN IN TRANSPORTATION, AUTONOMOUS SUPPLY AND ENERGY STORAGE*

Ключевые слова: водород, транспортировка, энергообеспечение, аккумулялирование энергии, нетрадиционные виды топлива.

**Кротов Александр Сергеевич**

**Устюгова Татьяна Геннадьевна**

**Самохвалов Ярослав Владимирович**

**Егорова Анна Игоревна**

**Крикунова Маргарита Петровна**

МГТУ им. Н.Э. Баумана

В качестве энергоносителя водород отличается тем, что имеет наивысшие удельные массовые энергетические свойства (рисунок 1) при сравнении с традиционными видами топлив, и при его сгорании в основном образуется водяной пар, что делает его экологически чистым источником энергии, при этом имеется практически неограниченная сырьевая база при условии получения водорода из воды. Наиболее эффективно использовать водород в топливных элементах, где происходит преобразование химической энергии в электрическую в результате химической реакции между водородом и кислородом. Топливные элементы имеют КПД порядка до 80 %, обеспечивают бесшумный процесс работы и являются более компактными по сравнению с ДВС [1].

Прогноз роста спроса на низкоуглеродный водород в секторе транспорта: 1 млн тонн/год = 2700 тонн/сутки – потребление в секторе транспорта к ~ 2028 г. и 8500 тонн/сутки – потребление в секторе транспорта к 2033 г. [2] (рисунок 2). Значительную долю рынка водорода на транспорте займет именно жидкий водород, так как жидкий водород преимущественно будет использоваться на крупном транспорте.

Применение жидкого водорода на крупном транспорте (авиа, ж/д, грузовая и карьерная техника и т.п.) рационально по следующим причинам:

- возможность обеспечить больший запас топлива при меньших по массе и габаритам

РИСУНОК 1. Сравнение параметров объемной и массовой энергетической емкости различных видов топлив



РИСУНОК 2. Прогноз роста спроса на низкоуглеродный водород в секторе транспорта



- топливного бака по сравнению со сжатым водородом;
- возможность обеспечить высокую скорость заправки.

Актуальная стоимость жидкого водорода составляет \$10–24 США за кг [3], при этом для потребителя важна не просто стоимость топлива, а стоимость всей цепочки его использования – производства, транспортировки и использования. В перспективе стоимость для потребителя может достичь \$3,3 США за кг к 2030 году и \$2,2 США за кг в долгосрочной перспективе [4].

### Получение жидкого водорода

Ожижение водорода требует больших энергетических затрат: от 25 до 45 % энергии охлаждаемого водорода расходуется на процесс ожижения. Минимальные удельные затраты энергии на ожижение водорода составляют порядка

4 кВт·ч/кг. Данная величина превышает аналогичные значения для других типов энергоносителей, например метана или аммиака [5] (таблица 1).

Работа ожижения в реальных установках значительно выше и лежит в диапазоне от 13 до 70 кВт·ч/кг [6] (рисунок 3). Удельные затраты циклов, представленных на рисунке 3, разделены на три области: классические циклы ожижения и их теоретические аналоги, существующие промышленные установки ожижения водорода и перспективные

ТАБЛИЦА 1. Параметры различных энергоносителей

Параметр	Водород	Метан	Аммиак
Теоретическая работа ожижения, кВт·ч/кг*	3,33/3,88**	0,303	0,120
Теоретическая работа ожижения относительно теплоты сгорания, %	8,5/9,9**	2,17	2,07

\* – при следующих начальных параметрах: температура 300 К и давление 101,3 кПа  
\*\* – с учетом орто-параконверсии от 25 до 99,8% параводорода

технологии ожижения. В группе классических циклов представлены затраты первых установок ожижения водорода, работающих по циклам Линде-Хэмпсона, Клода и др., а также их возможная минимальная работа ожижения. Существующие установки представлены установкой ожижения водорода в городе Ингольштадт, Германия и группой установок Praxair, США. Установка в Ингольштадте, введенная в эксплуатацию в 1992 году, имеет производительность по жидкому водороду 5 т/сутки. Технологический процесс ожижения водорода реализован по циклу Клода с использованием водорода в качестве рабочего вещества, предварительное охлаждение осуществляется жидким азотом. Установки компании Praxair имеют производительность от 20 до 36 т/сутки при удельных затратах от 12,5 до 15 кВт·ч/кг, технология ожижения аналогична установке в Ингольштадте [7].

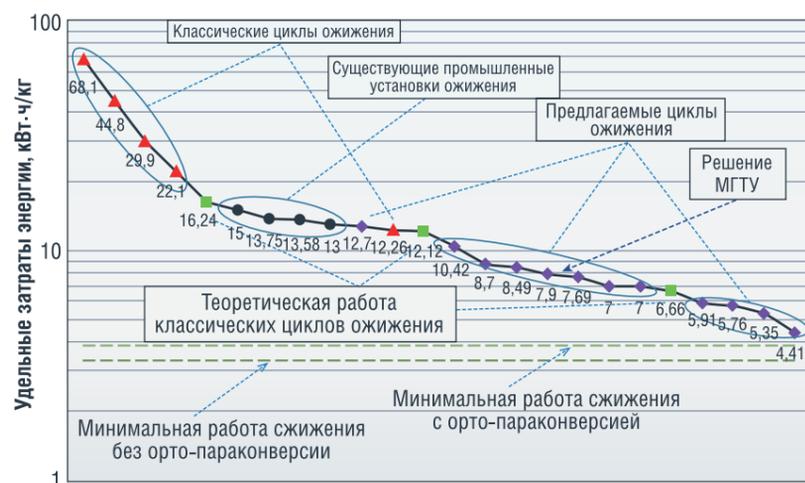
Особенностью ожижения водорода, по сравнению с ожижением других газов, является необходимость в проведении орто-параконверсии производственного потока водорода для долгосрочного и эффективного хранения жидкого продукта, так как в жидкой фазе орто-параконверсия протекает самопроизвольно с выделением теплоты, что приводит к быстрой испаряемости жидкого водорода – до 20 % в день [8].

Данный процесс существенно влияет на работу ожижителей и связан с квантовыми эффектами, присущими водороду. От 15 до 30 % энергозатрат на ожижение расходуется на процесс орто-параконверсии водорода.

Установки получения жидкого водорода по величине их производительности можно разделить на три группы: крупнотоннажные, малотоннажные и лабораторные.

Особенностью крупнотоннажных установок ожижения (производительностью по жидкому водороду от 5 т/сутки)

РИСУНОК 3. Энергопотребление установок ожижения водорода [6]



является применения водородного детандерного криогенного цикла внешнего охлаждения, что в сочетании с циклом предварительного охлаждения, работающего на смеси хладагента, считается сегодня наиболее эффективной технологией и позволяет теоретически снизить затраты на ожижение до 7,75 кВт·ч/кг. Данные установки предназначены для получения

жидкого водорода для последующей транспортировки морским транспортом (рисунок 4, б).

Типовая малотоннажная установка ожижения водорода работает на внешнем гелиевом цикле с предварительным охлаждением жидким азотом (либо с замкнутым азотным циклом). Энергетические затраты данных циклов составляют от 16 до 30 кВт·ч/кг

в диапазоне производительности от 1 кг/ч до 200 кг/ч жидкого водорода. Данные установки обеспечивают региональный спрос на жидкий водород, в основном транспортируемый в автомобильных цистернах (рисунок 4, а).

Лабораторные ожижители водорода производят до 2 кг/ч обычно используют криогенные газовые машины Гиффорда-МакМагона или Стирлинга с удельными затратами энергии от 30 до 70 кВт·ч/кг.

### Транспортировка и хранение жидкого водорода

Сравнение способов транспортировки водорода в жидком, газообразном и связанном состоянии представлено в таблице 2 [2].

На расстояниях до 800 км рентабельно транспортировать газообразный водород в сжатом виде с давлением 350 бар, но с увеличением расстояния стоимость доставки возрастает по сравнению с транспортировкой жидкого водорода, так как один трейлер с цистерной жидкого водорода

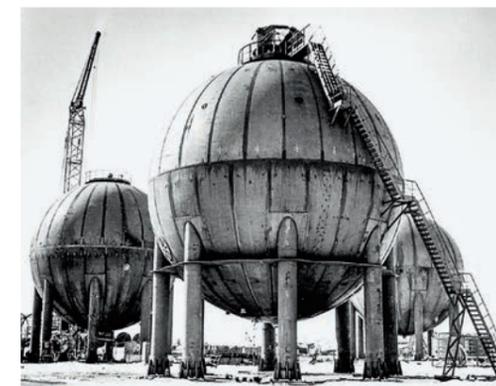
ТАБЛИЦА 2. Сравнение способов транспортировки водорода

	Трейлер газообразного водорода	Трейлер сжиженного водорода	Газовый трубопровод	Аммиак (хранение в связанном виде)	Танкер сжиженного водорода
Капитальные затраты	Низкий	Средний	Высокий	Высокий	Средний
Эксплуатационные затраты	Высокий	Средний	Низкий	Высокий	Средний
Стоимость транспортировки на 1 кг	Высокий	Низкий	Низкий	Низкий	Средний
Расстояния	160 км	800 км	1600 км	>1600 км	>1600 км
Возможный масштаб	1–10 т/сутки	10–1500 т/сутки	100+ т/сутки	100+ т/сутки	100+ т/сутки

РИСУНОК 4. Способы транспортировки жидкого водорода: (а) – цистерна ППЦ-45/1,0 для жидкого водорода производства АО «Криогенмаш»; (б) – Suiso Frontier – первое в мире судно для перевозки сжиженного водорода



РИСУНОК 5. Резервуар РСВ-1400/1 производства «Криогенмаш»



эквивалентен емкостям сжатого водорода на восьми трейлерах.

Жидкий водород хранится в вертикальных или горизонтальных емкостях объемом до 200 м³ либо в сферических емкостях объемом до 3800 м³ (рисунок 5), в зависимости от потребителя и производительности установки ожижения водорода. Емкости имеют вакуумно-перлитную либо многослойную экранно-вакуумную изоляцию, обеспечивающую испаряемость водорода от 0,1% в сутки.

### Особенности использования жидкого водорода

Помимо использования жидкого водорода как энергоносителя, он уже применяется и перспективен в авиационной, автомобильной и космической отраслях.

Применение жидкого водорода в авиации имеет следующие преимущества:

- декарбонизация авиационной отрасли;
- лучшая массовая плотность энергии;
- возможность создания электрического самолета на топливных элементах;
- увеличение эффективности двигателя;
- возможность отвода теплоты жидким и газообразным водородом.

Жидкий водород может использоваться для охлаждения электрических машин (генераторов и двигателей) с обмотками на основе высокотемпературных сверхпроводников, охлаждения

поверхностей – снижения температуры фюзеляжа при трении о воздух, охлаждения рециркуляционного воздуха в системе кондиционирования самолета и охлаждения воздуха на входе в двигатель – задел на сверх и гиперзвуковые самолеты дальнего следования.

Снижение затрат на обслуживание по сравнению с двигателями внутреннего сгорания и практическое отсутствие вредных выбросов в атмосферу делает водород безальтернативным топливом для крупного автомобильного транспорта.

### Разработки МГТУ им. Н.Э. Баумана

МГТУ им. Н.Э. Баумана выполнял разработку комплекта рабочей конструкторской документации на интеграцию энергетической установки, сборку прототипа и проводил пусконаладочные работы для электробуса (водоробуса) ЛиАЗ-62744-Н2 в 2021 году (рисунок 7), карьерного самосвала БелАЗ-7513-Н2 в 2023 году и энергетической платформы Урал-7513-Н2 в 2023 году.

В 2023 году разработан и изготовлен комплекс ожижения, транспортировки жидкого водорода и его газификации производительностью 0,3 кг/ч по жидкому водороду (рисунок 6). Подобных установок ожижения водорода малой производительности в РФ нет, при этом в мире их насчитывается всего несколько образцов (Корея, Япония, Германия, США). Распространенным техническим решением является установка получения жидкого гелия малой производительности

РИСУНОК 6. Электробус ЛиАЗ-62744-Н2



на базе криогенных газовых машин Гиффорда-МакМагона или Стирлинга. Однако, их конструкция кардинально отличается из-за специфических требований к обеспечению безопасности при работе с водородом, а также из-за необходимости учитывать при проектировании установок орто-параконверсию водорода при охлаждении. Разрабатываемое решение имеет перспективу для применения на малых заправочных станциях для заправки техники жидким водородом, либо в качестве решения по обеспечению длительного бездренажного хранения жидкого водорода. ●

### Литература

1. Филиппов С.П., Голодницкий А. Э., Кашин А. М. Топливные элементы и водородная энергетика // Энергетическая Политика. 2020. № 11 (153). С. 28–39.
2. Plug Power Inc. Green Hydrogen with Plug, Unveiling the potential of liquid hydrogen: Market insights and innovative solutions 2023.
3. Filling up with H2 Hydrogen mobility starts now // H2 Mobility [Электронный ресурс] 2024. URL: <https://h2.live/en/tankstellen/> (дата обращения: 27.08.2024).
4. Hydrogen for Australia's Future – A Briefing Paper for the COAG Energy Council, prepared by the Hydrogen Strategy Group // Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water [Электронный ресурс] 2018. URL: <http://www.coagenergycouncil.gov.au/publications/hydrogen-australias-future> (дата обращения: 27.08.2024).
5. Архаров А.М., Марфенина И.В., Микулин Е.И. Криогенные системы. Том 1. Основы теории и расчета, М.: Машиностроение, 1996. – 576 с.
6. Aasadnia M., Mehroooya M. Large-scale liquid hydrogen production methods and approaches: A review // Applied Energy. 2018.212. P. 57–83.
7. Al Ghafri SZS, Munro S, Cardella U, Funke T, Notardonato W, Trusler JPM et al. Hydrogen liquefaction: a review of the fundamental physics, engineering practice and future opportunities // Energy and Environmental Science. 2022. 15 (7). P. 2690–2731.
8. Исупова Л.А., Жужгов А.В. Катализаторы низкотемпературной конверсии ортоводорода в пара-водород / Всероссийская научно-практическая конференция «Водород. Технологии. Будущее» – Томск: ТПУ. 2020. С. 1–9.

KEYWORDS: hydrogen, transportation, energy supply, energy storage, non-traditional fuels.

# НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ КАРТРИДЖЕЙ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ: получение и свойства

МЕТОДАМИ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ, ДИФРАКЦИИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЖЕСТКОГО ДИАПАЗОНА ИССЛЕДОВАЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭВТЕКТИКИ Ga-In С КОНСТРУКЦИОННЫМИ АЛЮМИНИЕВЫМИ СПЛАВАМИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПО ОТНОШЕНИЮ К ВОДЕ. ПОКАЗАНО, ЧТО ВЫСОКАЯ РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ СВЯЗАНА С ПРОНИКНОВЕНИЕМ КОМПОНЕНТ ЭВТЕКТИКИ Ga-In ПО ГРАНИЦАМ ЗЕРЕН И ФОРМИРОВАНИЕМ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА, В КОТОРОМ КОМПОНЕНТЫ ЭВТЕКТИКИ НАХОДЯТСЯ В ЖИДКОМ ВИДЕ. ОБРАБОТКА ЧИСТЫМ ГАЛЛИЕМ НЕ ФОРМИРУЕТ ВЫСОКОАКТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ АЛЮМИНИЯ, ТАК КАК ГАЛЛИЙ С ВЫСОКОЙ СКОРОСТЬЮ ДИФФУНДИРУЕТ В ЗЕРНО ИСХОДНОГО СПЛАВА И ОБРАЗУЕТ С АЛЮМИНИЕМ ТВЕРДЫЙ РАСТВОР, КОТОРЫЙ НЕАКТИВЕН В РЕАКЦИИ С ВОДОЙ. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАКЦИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА СУЩЕСТВЕННО ЗАВИСИТ ОТ МОРФОЛОГИИ ИСХОДНОГО КОНСТРУКЦИОННОГО СПЛАВА

*THE INTERACTION OF Ga-In EUTECTIC WITH STRUCTURAL ALUMINUM ALLOYS WAS STUDIED USING SCANNING ELECTRON MICROSCOPY AND HARD X-RAY DIFFRACTION METHODS IN ORDER TO INCREASE THEIR REACTIVITY WITH WATER. IT WAS SHOWN THAT HIGH REACTIVITY IS ASSOCIATED WITH THE PENETRATION OF Ga-In EUTECTIC COMPONENTS ALONG GRAIN BOUNDARIES AND THE FORMATION OF A NANOSTRUCTURED MATERIAL IN WHICH THE EUTECTIC COMPONENTS ARE IN LIQUID FORM. TREATMENT WITH PURE GALLIUM DOES NOT FORM A HIGHLY ACTIVE STATE OF ALUMINUM, SINCE GALLIUM DIFFUSES INTO THE GRAIN OF THE INITIAL ALLOY AT A HIGH RATE AND FORMS A SOLID SOLUTION WITH ALUMINUM, WHICH IS INACTIVE IN THE REACTION WITH WATER. THE EFFICIENCY OF THE HYDROGEN EVOLUTION REACTION SIGNIFICANTLY DEPENDS ON THE MORPHOLOGY OF THE INITIAL STRUCTURAL ALLOY*

Ключевые слова: водородная энергетика, эвтектика Ga-In, активированный алюминий, рентгеновская дифракция высокого разрешения, электронная микроскопия, алюминиевые сплавы.

## Низовский Александр Иванович

старший научный сотрудник,  
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,  
к.х.н., доцент

## Шмаков Александр Николаевич

Центр коллективного пользования «Сибирский  
Кольцевой Источник Фотон» (ЦКП «СКИФ»)

## Куликов Александр Владимирович

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

## Супрун Евгений Александрович

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

## Бухтияров Валерий Иванович

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

Известным методом получения водорода является реакция металлов с водой. Полезной особенностью данной реакции является отсутствие необходимости дополнительной очистки водорода. Это принципиально важно, если полученный газ предназначается, например, для использования в системе питания водородного топливного элемента. Среди металлов, имеющих высокую реакционную способность к воде, безусловным лидером является алюминий в соотношении «стоимость – эффективность». По содержанию в литосфере алюминий является самым распространенным элементом-металлом, на третьем месте после кислорода и кремния. Идея использовать данную реакцию имеет продолжительную историю. Академик А.Е. Шейндлин сформулировал концепцию использования реакции алюминия с водой для получения водорода и тепловой энергии в автономных энергетических системах [1], в связи с этим в литературе устоялся термин «алюмоводородная энергетика».

Алюминий является весьма химически активным элементом. Несмотря на это, алюминиевые сплавы широко используются в промышленности, в том числе в специальных областях, таких как авиация, ракетостроение, судостроение, ядерная энергетика

и др., требующих от изделий особенных механических характеристик. Высокая коррозионная устойчивость изделий из алюминиевых сплавов обусловлена прочностью и инертностью поверхностных форм оксида алюминия. Существует несколько способов повышения реакционной способности алюминия по отношению к воде.

Распространенной точкой зрения в объяснении процесса активирования алюминия является удаление поверхностной оксидной пленки каким-либо методом, в том числе механическим. Действительно, наличие оксидной пленки затрудняет реакцию с водой, но ее удаление каким-либо известным способом (механическим, химическим и т.д.) вовсе не гарантирует высокой реакционной способности массивного алюминия в реакции с водой в нейтральной среде при комнатной температуре. По исследованию методов активирования опубликовано значительное число статей и патентов [2–6]. Наибольшее число работ посвящено направлению, связанному с приготовлением специальных многокомпонентных сплавов на основе алюминия, включающих добавки щелочных и щелочноземельных металлов, а также галлия, индия, олова, цинка и др. [7–12]. Широкое распространение получил метод получения активированных материалов с помощью механохимической обработки [13–15]. Важно отметить, что значительная часть работ посвящена исследованию способов получения водорода в реакции алюминия с водой в щелочных растворах или растворах солей [16–19].

Следует отметить, что значительная часть работ по изучению реакции алюминия с водой посвящена реакции дисперсного алюминия с водой при высоком давлении и температуре и/или высоких величинах pH [20–23]. Комбинация порошкообразного алюминия в качестве топлива и воды в качестве окислителя может быть интересной экологически чистой топливной системой [24]. В дополнение к большому выделению водорода, эта реакция интересна для изучения, поскольку ее продукт (гидроксид алюминия) безвреден для окружающей среды и может быть впоследствии переработан в продукты с высокой добавленной стоимостью [25].

Принципиальным отличием разрабатываемого авторами метода приготовления активированного материала для получения водорода из воды является обработка массивных алюминиевых конструктивных сплавов Ga-In эвтектикой без дополнительного механохимического воздействия. Полученный активированный продукт реагирует с водой при комнатной температуре и нейтральном pH. Такой подход позволяет исключить использование специальных мельниц, необходимость проведения реакции в агрессивных химических условиях, имеет простое регулирование скорости выделения водорода. Важно отметить, что известные конструктивные сплавы широко доступны, а также имеют известный химический состав и структуру зерна, что позволяет оптимизировать процесс активирующей обработки. В данной работе в качестве примера приводятся возможности получения активированных материалов на основе распространенных сплавов D1T и D16T.

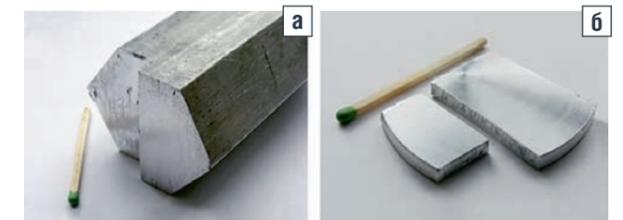
Предлагаемый авторами способ получения водорода был бы полезен в ситуациях, требующих относительно небольшого количества водорода для топливных

элементов в составе небольших источников питания устройств связи, сигнализации, видео и телеаппаратуры и др. при невозможности получения электрической энергии каким-либо иным способом в условиях удаленности от объектов инфраструктуры. Такими пользователями могли бы быть небольшие автономные группы геологов, спасателей, туристов и др.

## Экспериментальная часть

В качестве исходных материалов для активирования использовали промышленные конструктивные сплавы марок D16T и D1T (ГОСТ 4784-970). Для приготовления эвтектического сплава Ga-In использовали галлий Гл-0 (ГОСТ 12797-77) и индий Ин00 (ГОСТ 10297-94). Метод активирования заключался в обработке поверхности массивных образцов из конструктивных алюминиевых сплавов D1T, D16T эвтектикой Ga-In (76–24 мас. %, T<sub>пл.</sub> = 15,9 °C). Образцы отрезали от прутков механическим способом. На рис. 1 приведены фотографии исходных образцов промышленных сплавов.

РИСУНОК 1. Фотографии исходных образцов промышленных сплавов: а – D16T; б – D1T



Высокая реакционная способность полученных продуктов достигалась за счет эффекта Ребиндера, связанного с диффузией компонентов эвтектики по межзеренным границам исходного сплава [26]. Выбор методов исследования осуществлялся исходя из двух критериев. С одной стороны, было необходимо исследовать особенности строения массивного материала, для этого требовался метод, дающий интегральную информацию. С другой – определять локальные характеристики, так как взаимодействие с эвтектикой происходит на границах зерен. Метод сканирующей микроскопии (СЭМ) дает информацию о состоянии поверхности скола образца, а рентгеновский дифракционный анализ при использовании жесткого излучения с энергией 60–80 кэВ позволяет изучать массивные образцы «на просвет», такая методика позволяет исследовать атомную структуру и фазовый состав во всем объеме объекта.

Эксперименты по исследованию активированных образцов были выполнены на станции «Жесткая рентгенокопия» в Сибирском центре синхротронного и терагерцового излучения (Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск). Экспериментальная станция «Жесткая рентгенокопия» смонтирована на канале № 8 вывода СИ накопителя электронов ВЭПП-4М и предназначена для проведения исследований различных объектов, в том числе функциональных материалов, методами, использующими жесткое рентгеновское излучение. Источником СИ на станции является девятиполюсный

виглер с максимальным полем 1,9 Тл. При энергии электронов в накопителе 4,5 ГэВ источник генерирует поток фотонов в спектральном диапазоне вплоть до 150 кэВ.

Для проведения дифракционных экспериментов была выбрана рабочая энергия излучения 70 кэВ. Система коллимации формирует падающий на образец пучок размером 0,5×0,5 мм. Рентгенограммы регистрировали двумерным позиционно-чувствительным детектором MAR3450 на основе рентгеновского заподинающего экрана. Диапазон регистрируемых углов дифракции зависит от расстояния образец–детектор, которое в данном конкретном случае составляло ~220 мм. Интенсивность отражений фиксировали в диапазоне углов 2θ~35°, что соответствует диапозону векторов рассеяния ~35 нм<sup>-1</sup>, т.е. значительно больше, чем весь диапазон векторов рассеяния, который захватывает стандартный лабораторный дифрактометр с излучением CuK<sub>α</sub>.

Для получения одномерной дифракционной картины поликристаллического материала проводили интегрирование двумерной дифрактограммы по азимутальному углу. Градуировку детектора и интегрирование двумерных дифрактограмм осуществляли с использованием программного комплекса Area Diffraction Machine (ADM).

Эксперименты по изучению морфологии и химического состава проводились на двухлучевом сканирующем электронном микроскопе TESCAN SOLARIS S900 FE-SEM (TESCAN, Чехия) с ускоряющим напряжением 20 кВ в режиме сканирования вторичных и обратно отраженных электронов. Прибор оснащен энергодисперсионным спектрометром рентгеновского характеристического излучения AztecLive (Oxford Instruments, Англия) с полупроводниковым Si-детектором с разрешением по энергии 128 эВ. При нанесении образца напыление защитного или токопроводящего слоя не применялось, поскольку это могло бы привести к различным артефактам изображения на высоких увеличениях. Для проведения исследования образец фиксировался на токопроводящем углеродном скотче Nisshin EM (Япония).

В качестве критерия правильного выбора параметров процесса активирования образцов использовали эффективность выделения водорода. В случае взаимодействия массивных образцов с водой определяющие стадии реакции протекают в локальных зернограничных областях с высоким градиентом температуры, давления и pH. В данном случае под термином «эффективность» понимали количество выделяемого водорода при взаимодействии определенного количества активированного продукта с водой в заданный промежуток времени, а также полноту прохождения реакции.

Эффективность выделения водорода в реакции алюминия с водой изучали с использованием специально разработанной установки [27]. В эксперименте каждые 2 секунды на цифровых весах VIBRA CJ-8200 ER измерялась масса воды, вытесненной из специальной емкости выделяющимся в процессе реакции водородом. Объем реактора из нержавеющей стали составлял ~100 см<sup>3</sup>, его внешняя поверхность была покрыта теплоизоляционным материалом. При тестировании образцов количество

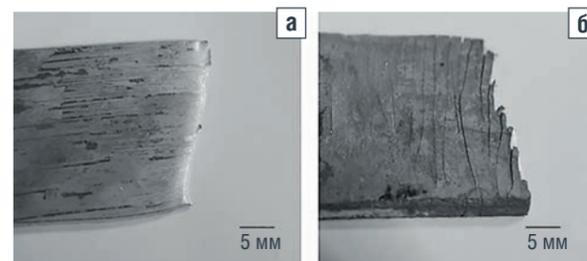
дистиллированной воды брали с пятикратным избытком относительно стехиометрии реакции, начальная температура воды 20 °С.

## Результаты и обсуждение

Значительная часть исследователей при обсуждении механизма реакции с водой алюминия, активированного каким-либо способом, полагает, что взаимодействие происходит по принципу электрохимической коррозии. Наши эксперименты, проведенные ранее, показывают, что при описании процессов, происходящих при взаимодействии активированного продукта с водой, нет необходимости привлекать электрохимические подходы. Мы полагаем, что реакция происходит за счет переноса алюминия в эвтектике Al-Ga-In, образующейся при взаимодействии Ga-In эвтектики, находящейся в зернограничной области. Описанные в данной работе результаты направлены на подтверждение нашей точки зрения, состоящей в том, что для эффективного взаимодействия активированного продукта с водой необходимо организовать такую морфологию материала, которая обеспечивала бы максимальную доступность воды к границе раздела Al-Ga-In/зерно Al.

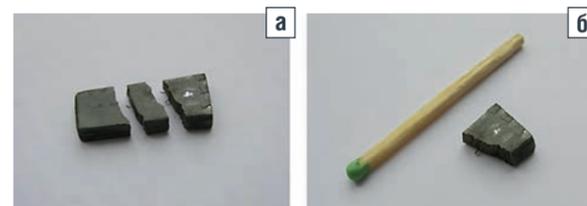
При взаимодействии эвтектики Ga-In с алюминиевыми сплавами резко изменяются их механические свойства. Результаты механических испытаний на разрыв показывают, что образцы после активирующей обработки становятся хрупкими, полностью исчезает пластическая деформация, резко меняются их акустические характеристики (рис. 2).

РИСУНОК 2. Образцы после механических испытаний на разрыв: а – исходный; б – активированный Ga-In эвтектикой



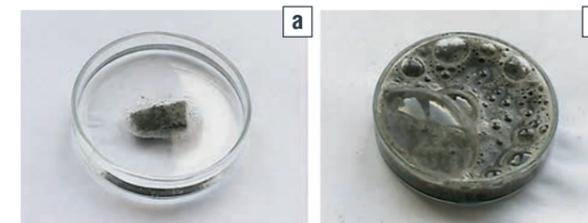
При небольшом механическом воздействии происходит разрушение активированных образцов. На рис. 3 приведены фотографии образцов подготовленных для тестирования в реакции взаимодействия с водой.

РИСУНОК 3. Фотографии образцов, подготовленных для тестирования в реакции взаимодействия с водой: а – активированный Ga-In эвтектикой; б – образец перед тестированием



При комнатной температуре начала реакции образцы активно взаимодействовали с водой, как это видно на рис. 4.

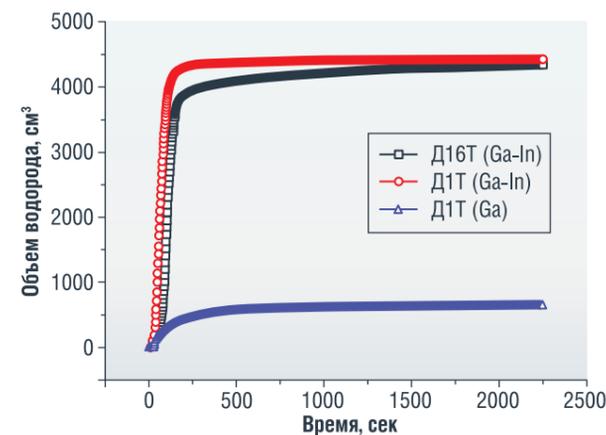
РИСУНОК 4. Фотографии образцов в процессе реакции с водой: а – старт теста; б – через 1 минуту после начала теста



Реакция имеет неравновесный характер, с большим тепловым эффектом. Взаимодействие происходит по границам зерен материала, приводит к разрушению как под действием выделяющегося водорода, так и за счет образования гидроксидов алюминия, поскольку мольный объем гидроксидов существенно больше, чем у металла.

На рис. 5 приведена зависимость количества выделившегося водорода в тестовой реакции активированных материалов на основе сплавов Д1Т и Д16Т с водой при стартовой комнатной температуре и нейтральном pH.

РИСУНОК 5. Зависимость количества выделившегося водорода от времени в тестовой реакции активированных материалов на основе сплавов Д1Т и Д16Т с водой при стартовой комнатной температуре и нейтральном pH

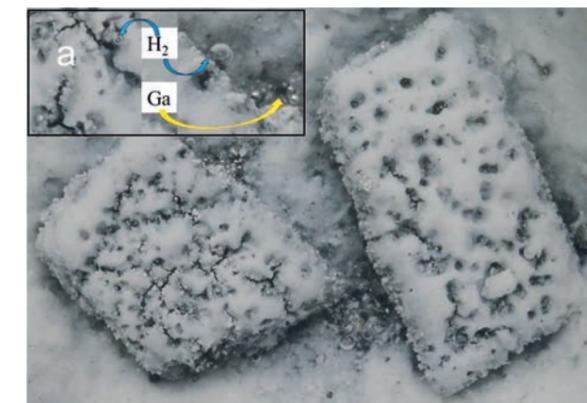


В данном эксперименте образцы были обработаны как эвтектикой Ga-In, так и чистым Ga. Реакция происходила очень активно, с резким увеличением реагирующей поверхности. Как видно из представленных данных, наблюдается небольшое отличие в кривых выделения водорода для образцов Д1Т и Д16Т. Данное отличие можно объяснить разной структурой зерна для указанных сплавов. Образец сплава Д1Т мелкозернистый, а Д16Т имеет выраженную волокнистую морфологию зерна. При взаимодействии Д16Т с водой на первом этапе происходит разрушение материала с образованием иглоподобных частиц, затем их дальнейшее взаимодействие с водой, в случае Д1Т происходит разрушение образца на мельчайшие порошкообразные частицы.

Отдельного обсуждения требует кривая, соответствующая сплаву Д1Т обработанному чистым Ga. Наблюдается начальное выделение водорода

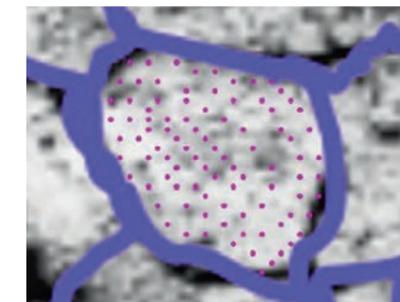
с последующим быстрым затуханием. Как уже ранее отмечалось, образцы обрабатывались эвтектикой Ga-In и чистым Ga в одинаковых стандартных условиях, реакция с водой также проводилась в стандартных условиях. Для выяснения причин таких отличий были проведены дополнительные исследования. Для этого образцы, обработанные чистым Ga, были помещены в чашку Петри с дистиллированной водой при T = 20 °С. На рис. 6 приведены фотографии образцов в реакционной среде через 24 часа после начала реакции.

РИСУНОК 6. Образцы Д1Т обработанные чистым Ga в тестовой реакции с водой



Наблюдается появление трещин на поверхности образцов и образование светлого осадка. Интенсивного разрушения не произошло, при большем увеличении можно обнаружить наличие пузырьков водорода и мелких блестящих частиц Ga на контактирующей с водой поверхности. Известно, что Ga при взаимодействии с алюминием легко проникает по границам зерен, образуя твердый раствор Al-Ga [28, 29]. Схематические особенности этого процесса приведены на рис. 7.

РИСУНОК 7. Модель образования твердого раствора Al-Ga

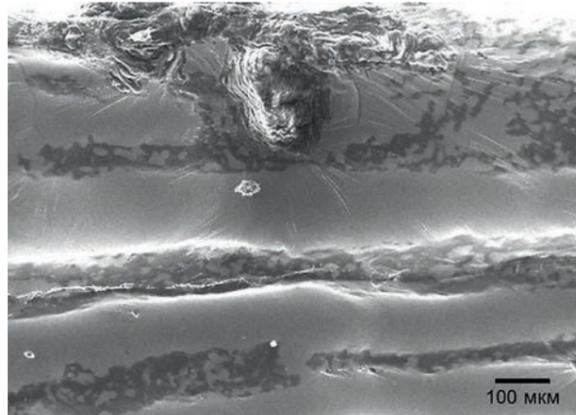


Применительно к нашему эксперименту можно констатировать, что относительно интенсивное выделение водорода происходит до тех пор, пока существует на поверхности материала пленка Ga. При образовании твердого раствора она разрушается, выделение водорода существенно замедляется.

Необходимо более детально обсудить различия в реакции с водой образцов, обработанных эвтектикой Ga-In и чистым Ga. Как было выше отмечено, после активирующей обработки образцы алюминиевых сплавов резко меняют свои механические свойства.

Скол активированного Ga-In эвтектикой сплава Д16Т был исследован методом СЭМ. На рис. 8 наблюдается пленка эвтектики, полностью покрывающая поверхность скола.

РИСУНОК 8. Данные СЭМ. Скол активированного Ga-In эвтектикой сплава Д16Т

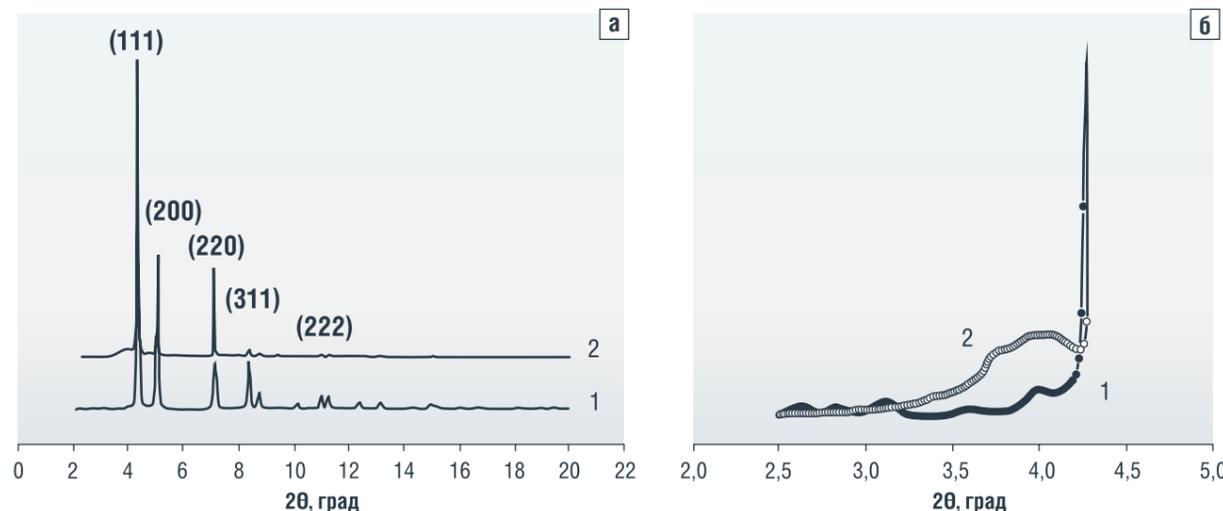


Проведенные дополнительно исследования методом EDX это подтверждают. Данные образцы были исследованы также методом рентгеновской дифракции с использованием синхротронного излучения. В целом дифрактограммы очень похожи, отличия наблюдаются для рефлексов в больших углах, что связано с проявлением текстуры образцов. Важно различие заметно в малых углах (рис. 9б), которое проявляется в виде наличия галло для образца, обработанного эвтектикой, в то время как у образца, обработанного чистым галлием, оно отсутствует.

Такое различие указывает на наличие жидкой фазы в образце, обработанном эвтектикой, в отличие от другого образца, в котором весь галлий вошел в решетку алюминия с образованием твердого раствора.

Таким образом, по нашему мнению, формирование активного состояния алюминия связано не только и не столько с разрушением инертной пленки оксида

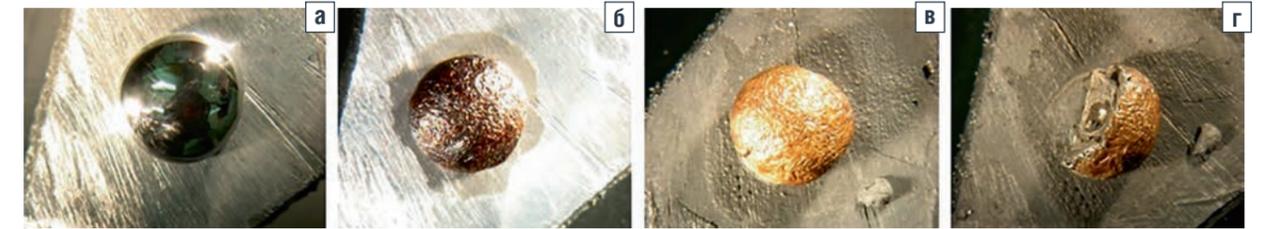
РИСУНОК 9. Рентгенограммы, полученные интегрированием дифракционных картин активированного эвтектикой Ga-In сплава Д16Т, снятых в методике «на просвет» ( $\lambda = 0,01784$  нм): (а1) – активированный чистым галлием; (а2) – активированный эвтектикой Ga-In; (б1) – сплав Д16Т активированный чистым галлием; (б2) – сплав Д16Т активированный эвтектикой Ga-In



на поверхности алюминия, но и с необходимостью формирования на основе алюминиевых сплавов материала, в котором имеется жидкая металлическая фаза по границам зерен, через которую алюминий в составе жидкой фазы Al-Ga-In переносится на границу раздела вода/эвтектика. Как такового прямого контакта массивного алюминия с водой для реакции не требуется. Поверхность массивного алюминиевого сплава при этом лишена оксидного слоя до тех пор, пока существует покрывающая ее пленка эвтектики Ga-In. Для более наглядного доказательства данного утверждения был проведен специальный эксперимент, в котором на поверхность образца сплава Д16Т была нанесена капля эвтектики, как это показано на рис. 10. При комнатной температуре в атмосферных условиях под оптическим микроскопом исследована динамика изменения состояния поверхности капли. Как видно на данных фотографиях, уже через 1 час на поверхности капли происходят драматические изменения, образуется шероховатая пленка гидроксида. Источником алюминия для образования гидроксида может быть только алюминий из материала образца. Важно отметить, что поверхность алюминиевого сплава вокруг капли также менялась, что связано с проникновением эвтектики в приповерхностные слои образца. Финальная стадия эксперимента связана с анализом скола образовавшегося твердого шарика на поверхности образца. Как видно на рис. 10в, внутри шарик внутри полой, в полости наблюдаются остатки эвтектики, поверхность сплава также существенно изменилась.

Результаты описанных экспериментов подтверждают, что функция эвтектики Ga-In в образовании активного состояния алюминия в реакции с водой связана главным образом с тем, что она осуществляет перенос эвтектика/жидкая или эвтектика/пары воды. Таким образом, задача создания материала на основе промышленных алюминиевых сплавов сводится к формированию объекта, в котором во всей его массе по границам зерен равномерно распределена Ga-In эвтектика, при этом принципиально важно, что она должна находиться в жидком состоянии.

РИСУНОК 10. Фотографии капли Ga-In эвтектики на поверхности сплава Д1Т, полученные методом оптической микроскопии: а – исходный образец; б – после 1 часа; в – после 5 суток; г – скол капли после 5 суток



## Заключение

Установлено, что эффективность взаимодействия Ga-In эвтектики с алюминиевыми сплавами зависит от их морфологии. Высокая реакционная способность получаемых в процессе активирующей обработки сплавов связана с формированием наноструктурированного материала, в котором компоненты Ga-In эвтектики равномерно распределены по границам зерен всей массы материала, причем в жидком состоянии.

Обработка чистым галлием не формирует высокоактивное состояние алюминия, так как галлий диффундирует в зерно сплава и образует с алюминием твердый раствор, который неактивен.

Взаимодействие активированного продукта с водой не требует привлечения электрохимического описания механизма, а может быть описано в рамках диффузионного переноса алюминия в составе жидкого сплава Al-Ga-In на границу раздела активированный продукт-вода. ●

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (FWUR-2024-0032, FWUR-2024-0042).

## Литература

- Шейндлин А.Е., Жук А.З. Концепция алюмоводородной энергетики. – Рос. хим. журн. 2006. Т.1. № 6. С. 105.
- Deng Z-Y, Ferreira J. M. F., Sakka Y. Hydrogen generation materials for portable applications. – J. Am. Ceram. Soc. 2008. V. 91. № 12. P. 3825–3834. DOI:10.1111/j.1551-2916.2008.02800.x.
- Ouyang, L., Jiang, J., Chen, Zhu K. M., Liu Z. Hydrogen production via hydrolysis and alcoholysis of light metal-based materials: A Review. – Nano-Micro Lett. 2021. 13 (1) P. 13–134. DOI:10.1007/s40820-021-00657-9.
- Kravchenko, O.V., Semenenko, K.N., Bulychev, B.M., Kalmykov, K.B. Activation of aluminum metal and its reaction with water (2005) Journal of Alloys and Compounds, 397 (1-2), pp. 58–62. doi: 10.1016/j.jallcom.2004.11.065.
- Irankhah, A., Seyed Fattahi, S.M., Salem, M. Hydrogen generation using activated aluminum/water reaction (2018) International Journal of Hydrogen Energy, 43 (33), pp. 15739–15748. doi: 10.1016/j.ijhydene.2018.07.014.
- Ilyukhina, A.V., Ilyukhin, A.S., Shkolnikov, E.I. Hydrogen generation from water by means of activated aluminum (2012) International Journal of Hydrogen Energy, 37 (21), pp. 16382–16387. doi: 10.1016/j.ijhydene.2012.02.175.
- Deng, Z.-Y., Tang, Y.-B., Zhu, L.-L., Sakka, Y., Ye, J. Effect of different modification agents on hydrogen-generation by the reaction of Al with water (2010) International Journal of Hydrogen Energy, 35 (18), pp. 9561–9568. doi: 10.1016/j.ijhydene.2010.07.027.
- Eom, K., Kim, M., Oh, S., Cho, E., Kwon, H. Design of ternary Al-Sn-Fe alloy for fast on-board hydrogen production, and its application to PEM fuel cell (2011) International Journal of Hydrogen Energy, 36 (18), pp. 11825–11831. doi: 10.1016/j.ijhydene.2011.06.072.
- Ziebarth, J.T., Woodall, J.M., Kramer, R.A., Choi, G. Liquid phase-enabled reaction of Al-Ga and Al-Ga-In-Sn alloys with water (2011) International Journal of Hydrogen Energy, 36 (9), pp. 5271–5279. doi: 10.1016/j.ijhydene.2011.01.127.
- Wang, W., Zhao, X.M., Chen, D.M., Yang, K. Insight into the reactivity of Al-Ga-In-Sn alloy with water (2012) International Journal of Hydrogen Energy, 37 (3), pp. 2187–2194. doi: 10.1016/j.ijhydene.2011.10.058.
- Huang, T., Gao, Q., Liu, D., Xu, S., Guo, C., Zou, J., Wei, C. Preparation of Al-Ga-In-Sn-Bi quinary alloy and its hydrogen production via water splitting (2015) International Journal of Hydrogen Energy, 40 (5), pp. 2354–2362. doi: 10.1016/j.ijhydene.2014.12.034.
- Wang, H., Chang, Y., Dong, S., Lei, Z., Zhu, Q., Luo, P., Xie, Z. Investigation on hydrogen production using multicomponent aluminum alloys at mild conditions and its mechanism (2013) International Journal of Hydrogen Energy, 38 (3), pp. 1236–1243. doi: 10.1016/j.ijhydene.2012.11.034.
- Chen, X., Zhao, Z., Liu, X., Hao, M., Chen, A., Tang, Z. Hydrogen generation by the hydrolysis reaction of ball-milled aluminium-lithium alloys (2014) Journal of Power Sources, 254, pp. 345–352. doi: 10.1016/j.jpowsour.2013.12.113.
- Dupiano, P., Stamatis, D., Dreizin, E.L. Hydrogen production by reacting water with mechanically milled composite aluminum-metal oxide powders (2011) International Journal of Hydrogen Energy, 36 (8), pp. 4781–4791. doi: 10.1016/j.ijhydene.2011.01.062.
- Fan, M.-Q., Xu, F., Sun, L.-X. Studies on hydrogen generation characteristics of hydrolysis of the ball milling Al-based materials in pure water (2007) International Journal of Hydrogen Energy, 32 (14), pp. 2809–2815. doi: 10.1016/j.ijhydene.2006.12.020.
- Apparent kinetics of hydrogen production with water-slurried aluminum delivery in aqueous sodium hydroxide solutions (2020) International Journal of Hydrogen Energy, 45 (46), pp. 24285–24299. doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.06.165.
- Bolt, A., Dincer, I., Agelin-Chaab, M. Experimental study of hydrogen production process with aluminum and water (2020) International Journal of Hydrogen Energy, 45 (28), pp. 14232–14244. doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.03.160.
- Deng, Z.-Y., Tang, Y.-B., Zhu, L.-L., Sakka, Y., Ye, J. Effect of different modification agents on hydrogen-generation by the reaction of Al with water (2010) International Journal of Hydrogen Energy, 35 (18), pp. 9561–9568. doi: 10.1016/j.ijhydene.2010.07.027.
- Ambaryan, G.N., Vlaskin, M.S., Dudoladov, A.O., Meshkov, E.A., Zhuk, A.Z., Shkolnikov, E.I. Hydrogen generation by oxidation of coarse aluminum in low content alkali aqueous solution under intensive mixing (2016) International Journal of Hydrogen Energy, 41 (39), pp. 17216–17224. doi: 10.1016/j.ijhydene.2016.08.005.
- Shkolnikov E.I., Zhuk A.Z., Vlaskin M.S. Aluminum as energy carrier: Feasibility analysis and current technologies overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011. Vol. 15. № 9. P. 4611–4623.
- Hiraki, T., Yamauchi, S., Iida, M., Uesugi, H., Akiyama, T. Process for recycling waste aluminum with generation of high-pressure hydrogen (2007) Environmental Science and Technology, 41 (12), pp. 4454–4457. doi: 10.1021/es062883i.
- Yavor, Y., Goroshin, S., Berghorson, J.M., Frost, D.L. Comparative reactivity of industrial metal powders with water for hydrogen production (2015) International Journal of Hydrogen Energy, 40 (2), pp. 1026–1036. doi: 10.1016/j.ijhydene.2014.11.075.
- Hiraki, T., Takeuchi, M., Hisa, M., Akiyama, T. Hydrogen production from waste aluminum at different temperatures, with LCA (2005) Materials Transactions, 46 (5), pp. 1052–1057. doi: 10.2320/matertrans.46.1052.
- Ho, C.-Y. Hydrolytic reaction of waste aluminum foils for high efficiency of hydrogen generation (2017) International Journal of Hydrogen Energy, 42 (31), pp. 19622–19628.
- Бельская О.Б., Низовский А.И., Гуляева Т.И., Леонтьева Н.Н., Бухтияров В.И. Катализаторы Pt/(Ga)Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, полученные с использованием металлического алюминия, активированного галлием. – Журн. прикл. химии. 2020. Т. 93. № 1. С. 132.
- Rehbinder P.A. Shchukin E.D. Surface phenomena in solids during deformation and fracture processes. – Progress Surf. Sci. 1972. V. 3. Iss. 2. P. 97.
- A.I. Nizovskii, A.V. Kulikov, M.V. Trenikhin, V.I. Bukhtiyarov // Catal. Sustain. Energy 4, 62–66 (2017). https://doi.org/10.1515/cse-2017-0010.
- Hugo, R.C., Hoagland, R.G. Gallium penetration of aluminum: In-situ TEM observations at the penetration front (1999) Scripta Materialia, 41 (12), pp. 1341–1346. doi: 10.1016/S1359-6462(99)00293-6.
- Murray, J.L. The Al-Ga (Aluminum-Gallium) system (1983) Bulletin of Alloy Phase Diagrams, 4 (2), pp. 183–190. doi: 10.1007/BF02884877.

KEYWORDS: hydrogen energy, Ga-In eutectic, activated aluminum, high resolution X-ray diffraction, electron microscopy, aluminum alloys.



# ЛУЧШИЕ ИЗ ЛУЧШИХ

## Людмила Фризицкая

специалист по связям с общественностью, АО «Сибирская Сервисная Компания»

В преддверии Дня работников нефтяной и газовой промышленности в Сибирской Сервисной Компании состоялся ежегодный смотр-конкурс профессионального мастерства «Лучший по профессии».

Местом проведения финального этапа конкурса среди буровых бригад стала одна из кустовых площадок на Южно-Приобском месторождении в Ханты-Мансийском районе. За высокое звание боролись семь команд. Они представляли Томский, Нефтеюганский и Ямальский филиалы.

«Конкурс профессионального мастерства – отличная возможность показать слаженную работу, укрепить коллективный дух и связь между филиалами компании. Пусть это событие станет для нас источником новых полезных знакомств и незабываемых впечатлений. А каждый участник ощутит поддержку и уважение со стороны своих коллег. На протяжении всего конкурса помогайте и доверяйте друг другу, проявляйте себя и укрепляйте общий

командный дух», – напутствовал участников **Александр Котов**, генеральный директор АО «ССК».

Конкурс состоял из теоретической и практической частей. Сначала участники отвечали на вопросы, касающиеся нефтесервисного дела, а уже затем бригады отправлялись на буровую вышку, где демонстрировали свои профессиональные навыки.

«Понятно, что все вы немного волнуетесь. Но самое главное – помните: это конкурс, а не экзамен. Здесь вы покажете то, что делаете каждый раз, находясь на вахте. Вы – профессионалы, дело свое прекрасно знаете», – поддержал перед стартом конкурсантов председатель жюри **Андрей Кошелев**, заместитель генерального директора по строительству и ремонту скважин АО «ССК». При этом жюри оценивало буквально каждый шаг конкурсантов: проведение предвахтового инструктажа вахты, приема вахты, наращивание одной трубы с приемных мостков, спуск буровой колонны, имитацию бурения. Причем участникам надо было уложиться в нормативное время.

«Все, что мы делаем здесь, на конкурсе, – наша каждодневная работа. Это то, чем мы занимаемся много лет, потому нам прекрасно

известно, как и что делать. Считаю, мы неплохо себя показали. Теперь слово за комиссией, которая даст нам оценку», – отметил на выходе с установки мастер бурения Нефтеюганского филиала ССК **Игорь Босый**.

Впервые в этом году проводили два дополнительных конкурса. Один был направлен на повышение осведомленности о сердечно-легочной реанимации и обучение важным навыкам, необходимым для спасения жизни в случае внезапной остановки сердца. Другой – квиз на тему производственной безопасности «Что? Где? ПБ!». В ССК об этом заботятся особо, что делает предприятие крайне привлекательным для крупных заказчиков.

«Существует понятие «каркас безопасности». Это свод норм и правил безопасного выполнения персоналом производственных процессов на буровых установках. К примеру, при работе с кранами, в замкнутом пространстве, выполнении спуско-подъемных работ и многом другом. На это мы обращаем пристальное внимание и активно внедряем, чтобы все наши сотрудники могли выполнять работу в установленные сроки, при этом без угрозы их жизни», – рассказал руководитель проекта НФ АО «ССК» **Константин Башкиров**.

РЕКЛАМА

## Секрет успеха – в слаженной работе

Одновременно в Нефтеюганске проходили испытания среди цементировочных звеньев филиала «Управление цементирования скважин» АО «ССК». Поддержать боевой дух конкурсантов приехал на торжественное построение директор филиала **Павел Егоров**. «Рад приветствовать участников смотра-конкурса «Лучший по профессии-2024!» – обратился он к участникам состязания. – История самого важного корпоративного мероприятия насчитывает много лет. Успешное выполнение конкурсного задания потребует от каждого из звеньев слаженности, профессионализма и взаимовыручки. Помните, что вы – универсальные специалисты, опора и подмога для своих коллег. Желаю вам удачи и честной борьбы!» К приветствию присоединился **Константин Густов**, заместитель генерального директора по технологическому обеспечению АО «ССК»: «Очевидно, что сегодня на конкурсе собрались лучшие в своем деле специалисты, настоящие профессионалы. Желаю вам удачи, помогайте друг другу, пусть победу одержат сильнейшие!» Первое испытание, как и у всех подразделений, – теория. Перед допуском к практическому этапу участникам предстояло пройти специальное тестирование по вопросам об охране труда и о промышленной безопасности. С ним претенденты на звание лучшего в своем деле справились уверенно. Практическая часть заключалась в выполнении заданий из ежедневных рабочих обязанностей. Мотористам цементировочного агрегата требовалось безукоризненно сымитировать начало работ по цементированию скважины, правильно совершить расстановку техники, подбить линии высокого давления. В конкурсе приняли участие девять профессионалов, задействованных в работе трех значимых для компании проектов. Порядок выступлений традиционно определила жеребьевка. «Волнения не ощущаю. Уверен, что затруднений

при выполнении задания не встречу, ведь это часть моей повседневной работы уже на протяжении 13 лет. Нужно поддыхать на спецтехнике к цементировочной головке и, соблюдая технику безопасности, подбить на время линию высокого давления», – рассказал **Артем Огорелков**, моторист цементировочного агрегата. Каждое движение бригады внимательно оценивали члены конкурсного жюри. Они следили за корректностью выполнения операций, соблюдением скоростного режима на кустовой площадке, следованием правилам дорожной безопасности. «По традиции мы собрали на конкурсе лучшие бригады по цементированию скважин», – говорит **Илья Першин**, заместитель директора филиала «УЦС» АО «ССК». – Конечно же, такие профессиональные состязания позволяют нам показать, что в нашей компании работают специалисты высокого уровня, продемонстрировать нашу технику, на общероссийском уровне заявить о возможностях предприятия. Компания идет в ногу со временем, отвечает всем требованиям, которые предъявляют заказчики. У нас на вооружении находятся исключительно современные цементировочные комплексы. Кроме того, мы привлекаем в компанию молодые кадры, готовые покорять новые горизонты в нашей команде». Антон Миронов, моторист цементировочного агрегата, пришел на работу в АО «ССК» сразу после армии. Отмечает, что в компании развиты традиции наставничества, поэтому вникать в тонкости профессии помогли молодому специалисту коллеги. «Когда я пришел в компанию, меня ничего не пугало, со сложностями помогали справляться более опытные товарищи, – делится Антон Сергеевич. – Самое важное обучение происходило во время работы, с годами я и сам стал профессионалом. Работа по цементированию скважин –

коллективная. Одному здесь не справиться. Недопущению ошибок и достижению нужного результата способствуют слаженная работа, исправная техника и четкость в выполнении собственных действий. В процессе цементирования скважин есть много нюансов, все их нужно знать, отслеживать каждое свое действие». Рамиль Байбиков работает в ССК 22 года. Говорит, что достойная заработная плата и полный социальный пакет – то, что мотивирует оставаться верным предприятию долгое время. В конкурсе профессионального мастерства участвует третий раз. «Все манипуляции в реальной жизни проходят на буровой, там все по-другому: нет асфальта, кругом один песок, все гораздо больше в размерах, условия не такие комфортные. Но рабочий процесс ничем не отличается от действующей, которые мы выполняем на конкурсной площадке. Главное – делать свою работу качественно, многое зависит и от слаженности коллектива», – поделился секретом успеха моторист. После выполнения каждым звеном конкурсного задания личный вердикт вынес **Ришат Фатихов**, главный технолог филиала «УЦС» и член жюри: «Все участники конкурса – настоящие профессионалы в своем деле. Конечно же, небольшие недочеты в работе команд присутствовали. Грубых же нарушений при выполнении конкурсных заданий выявлено не было».

## Награды для победителей

Имена победителей прозвучали в Ханты-Мансийске, в торжественной обстановке. По итогам призовые места среди вахт буровых бригад эксплуатационного и разведочного бурения скважин





ВНИМАНИЕ!  
ВСКРЫТ  
ПРОДУКТИВНЫЙ  
ПЛАСТ!

ВНИМАНИЕ!!!  
НЕД  
С

на нефть и газ  
распределились  
следующим образом:  
первое и второе члены жюри  
присудили буровым бригадам  
мастеров Валерия Антонова  
и Александра Колесникова,  
представлявшим Ямальский филиал.  
На третьем месте бригада мастера  
Игоря Босый из Нефтеюганского  
филиала. «В чем наш успех?  
Дело в том, что мы работаем  
с заказчиками, у которых очень  
высокие требования. Им необходимо  
соответствовать. И мы делаем все  
от нас зависящее. Каждое утро  
проводим планерки, проговариваем  
все наши действия. И так день за  
днем, – говорит мастер вахтовой  
бригады Ямальского филиала ССК  
Валерий Антонов. – Помогает,  
конечно же, и профессиональный  
опыт, накопленный годами. За  
столько лет работы в компании  
становишься мастером своего  
дела». Звание лучшего звена по  
цементированию скважин завоевали  
мотористы цементировочного

агрегата Артем Огорелков,  
Руслан Шарафуллин, Рим Юсупов.  
Серебро взяли Рамиль Байбиков,  
Денис Ковалев, Сергей Никифоров.  
Тройку лидеров замкнули Дмитрий  
Лебедев, Антон Миронов, Евгений  
Морозов. В результате напряженного  
соревнования призовые места  
среди сотрудников филиала «ССК-  
Технологии» распределились  
следующим образом. В номинации  
«Телеметрия» первое место занял  
Владимир Прохоровский, второе –  
Валерий Остапенко, третье – Ринат  
Усманов. Лидером в номинации  
«Наклонно направленное бурение»  
стал Тимур Юмадилов, серебро  
у Евгения Минилбаева, бронзы  
удостоен Андрей Иштыганов.  
В номинации «Буровые растворы»  
победа досталась Андрею Никитину,  
за ним следует Хашими Ягубов,  
третье место разделили Алмаз  
Ширгазин и Рашадат Ягубов.  
Жюри отметило также мастера  
буровой Ямальского филиала  
ССК Александра Колесникова  
в номинации «Технически  
грамотный подход», мастера  
буровой Нефтеюганского филиала  
ССК Ильнура Губайдуллина –  
в номинации «Лучший  
инструктаж», а его нефтеюганского  
коллегу Сергея Никитина – в  
номинации «Виртуозная работа

с инструментом».  
Победителем в  
номинации «Самый  
активный участник конкурса»  
среди представителей филиала  
«УЦС» признан моторист  
цементировочного агрегата Рим  
Юсупов. Лучшую сердечно-легочную  
реанимацию продемонстрировали  
на конкурсе сотрудники Томского  
филиала: мастер буровой Александр  
Килин и бурильщик Карен Мкртчян.  
В квизе «Что? Где! ПБ!» первое  
место разделили бурильщик  
Нефтеюганского филиала ССК  
Максим Синицин, помощник  
бурильщика Ямальского филиала  
Дмитрий Гузов и слесарь по  
ОБ Томского филиала Евгений  
Королев. Второе место занял Артем  
Грабовский, бурильщик Ямальского  
филиала. Все победители отмечены  
ценными призами, грамотами и  
премиями.

*Сегодняшний конкурс «Лучший по  
профессии» удался! Вы все  
достойно показали свои знания –  
и практические, и теоретические.  
Спасибо за ваше мастерство,  
профессионализм! – поздравил  
победителей и участников конкурса  
директор Нефтеюганского филиала  
АО «ССК» Салават Гизатуллин. –  
Надеюсь, что с вашей помощью мы  
и в дальнейшем будем одними из  
лучших на рынке нефтесервисных  
услуг».*

Поздравляем победителей  
и всех участников конкурса  
профессионального мастерства  
ССК «Лучший по профессии»  
2024 года! ●



Фото предоставлено пресс-службой АО «ССК»



РОСКОНГРЕСС  
Пространство доверия



26-28  
сентября

# МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ РОССИЙСКАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ НЕДЕЛЯ

ЦВЗ «Манеж», Манежная пл., д.1

ВЫСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ  
И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ТЭК  
Гостиный двор, ул.Ильинка, д.4

принять участие



rusenergyweek.com

Реклама 6+

**ДОХОДЫ КРЕМЛЯ  
ОТ ПРОДАЖИ  
НЕФТИ И ГАЗА  
ВЫРОСЛИ  
НА ПЯТУЮ ЧАСТЬ  
ИЗ-ЗА РОСТА  
СПРОСА НА ПОТОКИ**

**Bloomberg**

Доходы России от налогов на нефть и газ выросли на одну пятую в августе по сравнению с прошлым годом из-за резкого роста цен на сырую нефть и увеличения поставок газа на внешние рынки.

Согласно данным Минфина РФ, в августе налоги на углеводороды принесли в казну 778,6 млрд рублей, что на 21% больше, чем годом ранее.



Скидки на российскую нефть в соотношении с эталонной маркой Brent сократились более чем на треть по сравнению с прошлым годом, поскольку ее производители адаптировались к санкциям, нашли новых покупателей и развернули теневой флот.

Налоговые поступления были бы еще выше без субсидий нефтепереработчикам. Согласно расчетам Bloomberg, доходы от налога на прибыль нефтяных компаний по сравнению с предыдущим периодом сократились почти на 42%.

В газовой отрасли налоги в августе выросли более чем на 24% в годовом исчислении, что обусловлено восстановлением экспорта ПАО «Газпром» и высоким внутренним спросом.

Поставки в Китай в июле выросли на 33% по сравнению с прошлым годом. Поставки трубопроводного газа в Европу через Украину и Турцию выросли почти на 6%.



**НОВЫЙ АДРЕС  
ПЕРЕДАЧИ  
РОССИЙСКОГО ГАЗА  
В ЕВРОПУ – ТУРЦИЯ?**



Россия, желающая сохранить свои нефтегазовые доходы, обратилась к китайскому рынку, но не хочет ограничиваться только им. Украина заявила, что не будет продлевать соглашение о транзите российского газа. Это вызывает вопрос: «Может ли Турция стать для России альтернативой в сфере транспортировки газа в Европу?» В 2023 году Москва поставила Анкаре 21,3 млрд м³ газа. Иными словами, Россия сохранила за собой звание основного поставщика в Турцию с долей 42,6%. Между Россией и Турцией существуют долгосрочные контракты, охватывающие трубопроводы «Голубой поток» и «Турецкий поток» общей мощностью 32 млрд м³ газа.



Однако Турция получает газ от альтернативных поставщиков в рамках контрактов с Азербайджаном, Ираном, Алжиром, Нигерией и США,

в связи с чем ходят разговоры о создании в Турции газового хаба. В этом случае разные продавцы должны согласиться продавать газ на этой площадке, но из вышеперечисленных пока никто не выразил подобных намерений. Со стороны Москвы также не звучит никаких заявлений, кроме упоминания в начале 2024 года о том, что работы над хабом продолжаются.

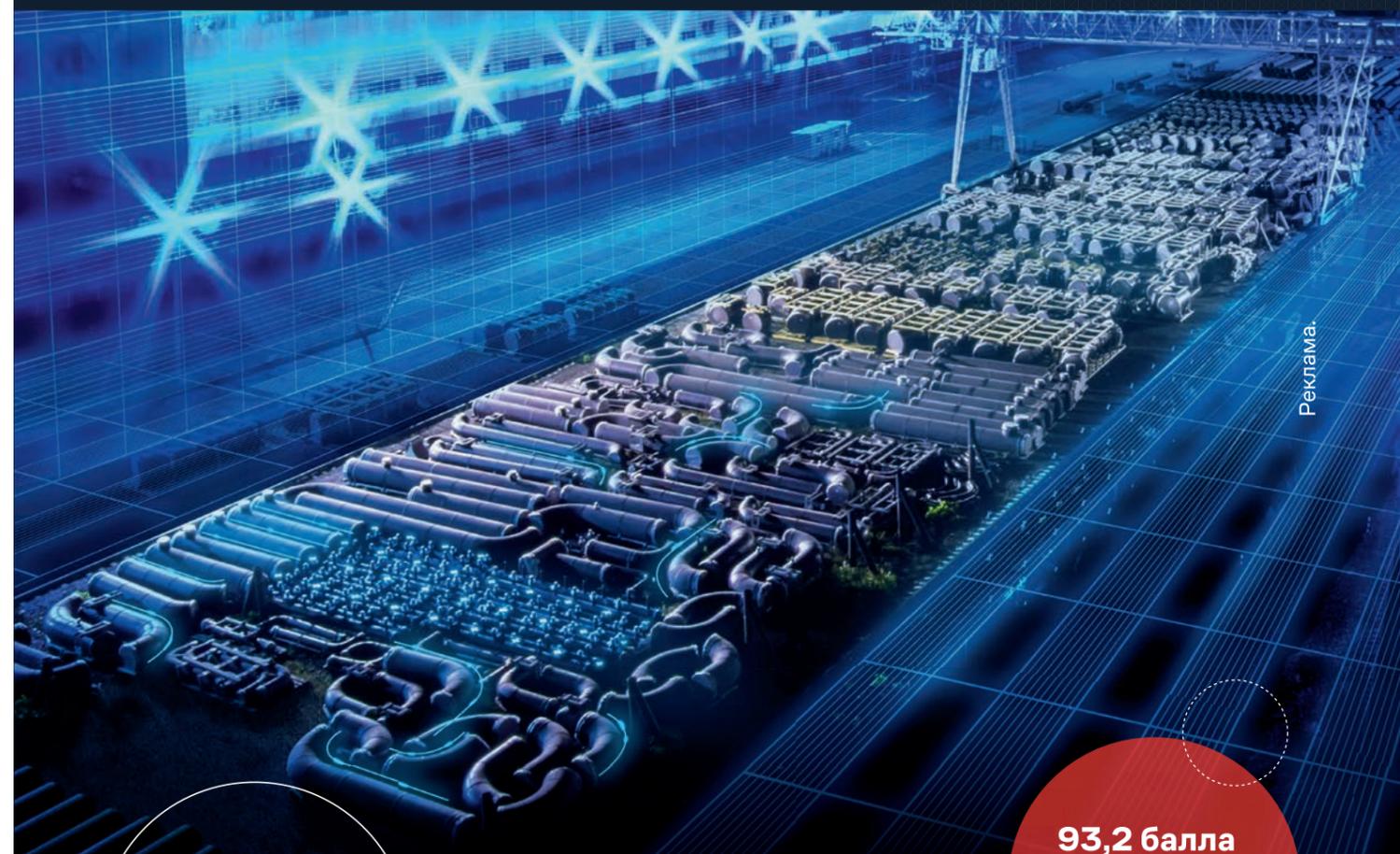
**ПЕРЕЖИВЕТ ЛИ  
ЕВРОПА ЗИМУ БЕЗ  
РОССИЙСКОГО ГАЗА?**



После двух зимних сезонов, несмотря на резкое сокращение российского импорта, Европа накопила большой объем газа. В апреле 2024 года ее газовые хранилища были заполнены на 60%, это рекорд для данного времени года. Украинский газ составляет 5% от общего импорта ЕС, в случае его прекращения больше всех пострадают Австрия, Венгрия и Словакия. При этом в других странах хватит мощностей, чтобы заменить поставки. С апреля потоки нероссийского СПГ в ЕС сократились на 140 млн м³ в сутки, но, если они восстановятся, этого будет достаточно, чтобы заменить российский СПГ почти втрое. Если поток российского газа в ЕС иссякнет, никакой катастрофы не случится. Однако для этого Европе придется преодолеть серьезные технические и нормативно-правовые препоны, а также сократить годовой спрос на газ на 10–15%.

# Ведущий производитель соединительных деталей в РФ

Отводы гнутые (ТВЧ, ХГ) | Штампосварные соединительные детали трубопроводов | Соединительные детали трубопроводов малого и среднего диаметра | Изделия с антикоррозийным покрытием | Монтажные узлы | Изделия с теплогидроизоляцией | Нестандартные изделия



Реклама.

**Полный цикл**  
производства – от проката до блочно-модульных установок

**1000+**  
типоразмеров продукции

**93,2 балла**  
индекс деловой репутации в СДС  
Интергазсерт

**ОМК Трубодеталь**

Совершенство продуманных решений

info@omk.ru  
8 (800) 200-8000



# ЭБУЛЯЦИОННЫЕ НАСОСЫ реакторов гидрокрекинга с кипящим слоем

**Chai Liping**  
Company President

**Wu Jianbo**  
Vice General Manager

**Zhang Wallace**  
Assistant General Manager and International Department Director

**Li Xiong**  
Deputy Director of International Department and Technical Manager

**Wang Zhiqiang**  
Project Execution Director

**Кобзев Алексей Александрович**  
региональный менеджер по продажам

**Пантелеев Иван Александрович**  
региональный менеджер по продажам

Hefei Huasheng Pumps & Valves Co., Ltd



НАША ПЛАНЕТА БОГАТА НЕФТЯНЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ, ОДНАКО ВСЕ БОЛЬШЕ УВЕЛИЧИВАЕТСЯ ПРОЦЕНТ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ. МЕЖДУ ТЕМ, ПО МЕРЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА В РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАНАХ, ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ РЕЗКО ВОЗРАСТАЕТ. ДЕФИЦИТ ЭНЕРГИИ ВОСПОЛНЯЕТСЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ В ТОМ ЧИСЛЕ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ И УГЛЯ. КРОМЕ ТОГО, РАСТУЩЕЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЕЛАЕТ АКТУАЛЬНЫМ ВОПРОС ПЕРЕРАБОТКИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ. КАКИЕ РЕШЕНИЯ ПРЕДЛАГАЮТ МИРОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ?

OUR PLANET IS RICH IN OIL DEPOSITS, BUT THE PERCENTAGE OF HARD-TO-RECOVER OIL RESERVES IS INCREASING. MEANWHILE, ENERGY CONSUMPTION IS INCREASING SHARPLY WITH ECONOMIC GROWTH IN DEVELOPING COUNTRIES. THE ENERGY DEFICIT IS COMPENSATED BY USING HEAVY OIL AND COAL IN PARTICULAR. IN ADDITION, THE GROWING CONSUMPTION OF OIL PRODUCTS MAKES IT RELEVANT THE ISSUE OF PROCESSING HIGH-VISCOSITY OIL. WHAT SOLUTIONS DO GLOBAL EQUIPMENT MANUFACTURERS OFFER?

Ключевые слова: *тяжелая нефть, переработка, насос, реактор гидрокрекинга, кипящий слой, эбуляционный насос.*

## Сфера применения

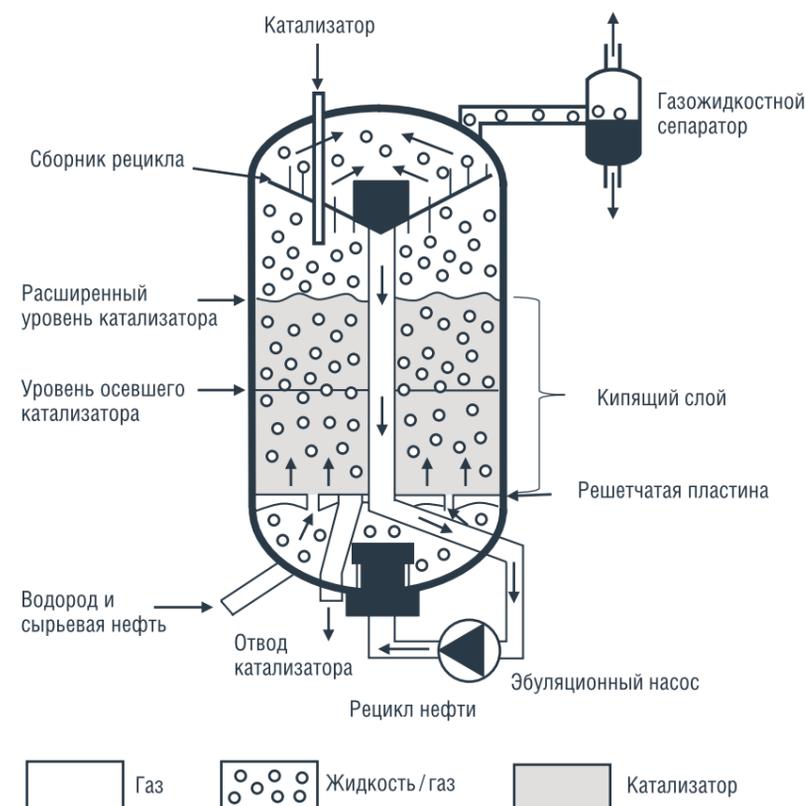
Мир сталкивается с новыми вызовами, связанными со сложностями добычи высоковязкой нефти, но спрос на тяжелые нефтепродукты постепенно снижается, а потребление легкой нефти растет высокими темпами. Поэтому нефтеперерабатывающие предприятия стремятся к максимальной переработке остаточных нефтепродуктов. Этот вопрос, в том числе, решается

с помощью применения реакторов гидрокрекинга с эбуляционными насосами, которые позволяют увеличить глубину переработки тяжелой нефти.

## Переработка нефти в реакторе гидрокрекинга с кипящим слоем

В условиях ужесточения требований к охране окружающей среды процесс гидрирования, особенно процесс гидрирования остаточных

РИСУНОК 1. Процесс H-Oil реактора с кипящим слоем



нефтепродуктов, играет все более важную роль в нефтеперерабатывающей промышленности, и эта технология развивается стремительно.

Технология гидрокрекинга с кипящим слоем позволяет увеличить глубину переработки тяжелой нефти. Циркуляционный эбуляционный насос является одним из основных компонентов этой технологии.

В процессе гидрокрекинга с кипящим (псевдокипящим) слоем смешанные с водородом тяжелые нефтяные остатки подаются в реактор снизу, а частицы катализатора засыпаются сверху. Крекинг и регенерация протекают в кипящем слое катализатора, т.е. в слое взвешенных мелких частиц, находящихся в постоянном движении. Высота кипящего слоя катализатора регулируется расходом рециркуляционного потока. Этот расход регулируют путем изменения частоты вращения ротора эбуляционного насоса. Работа в кипящем режиме позволяет обеспечить низкий перепад давления в реакторе и практически полную изотермию слоя рециркуляции.

Эбуляционный насос позволяет регулировать степень перемешивания материалов в реакторе и степень расширения слоя взаимодействия катализатора со смесью

Процесс гидрокрекинга с кипящим слоем имеет следующие технологические преимущества:

- возможность глубокой переработки широкого диапазона видов сырой нефти;
- равномерная температура в реакторе;
- процессы добавления и удаления катализатора проходят в режиме реального времени;
- длительный рабочий цикл;
- высокие показатели теплообмена;
- высокий коэффициент использования катализатора;
- высокая конверсия;
- технологическая гибкость.

Примерами коммерческих технологий использования реакторов с кипящим слоем (Ebullated Bed Reactor, EBR) являются процесс H-Oil по лицензии

компании Axens и процесс LCFINING по лицензии компании Chevron Lummus. Обе технологии имеют очень схожие характеристики с точки зрения технологических параметров и конструкции реактора и отличаются только некоторыми деталями.

Гидрокрекинг с кипящим слоем представляет собой процесс, протекающий в трехфазной среде, в которой рециркулирующий газ проходит через жидкую углеводородную смесь и твердые частицы катализатора, образующие турбулентную суспензию. Нефть и водород подаются в режиме восходящего потока, проходя через расширенный слой частиц катализатора. В верхней части реактора технологические жидкости отделяются от катализатора и направляются в газо-жидкостный сепаратор. Большая часть частиц катализатора возвращается в реактор. Нефтяной остаток повторно поступает на дно реактора и смешивается со свежим потоком. Эбуляционный насос отвечает за поддержание циркуляции этой смеси внутри реактора.

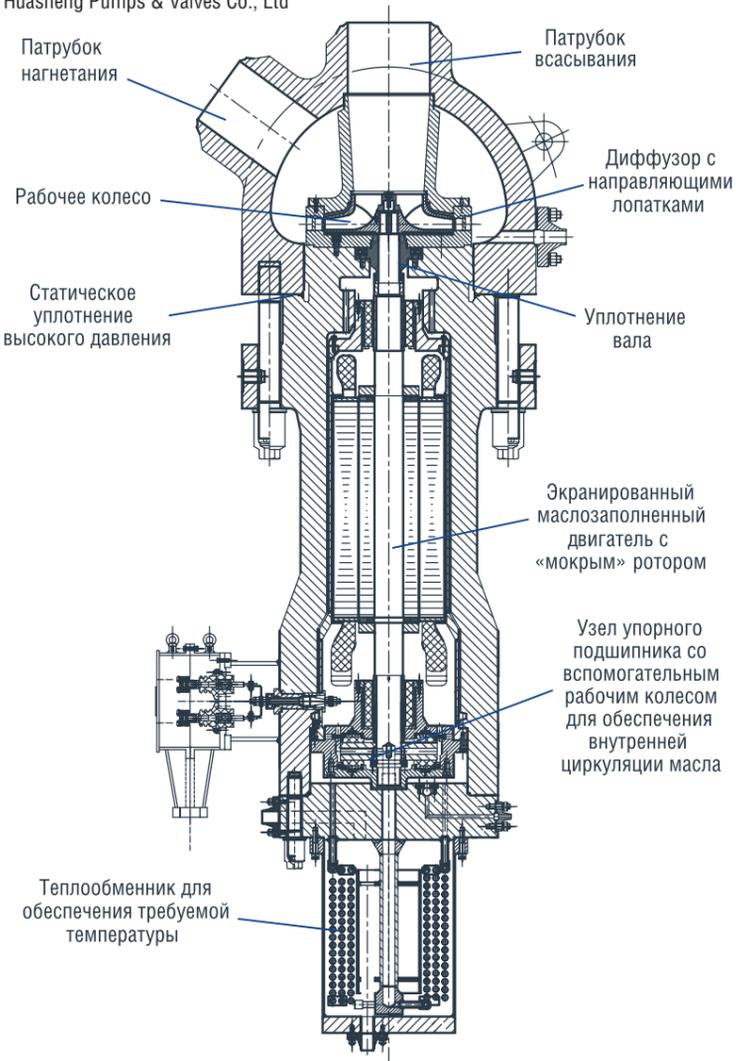
Установки гидрокрекинга с кипящим слоем обладают высокой технологической гибкостью, объемная степень конверсии может достигать 90%, а конечный продукт имеет низкое содержание серы, металлов и азота [1].

## Требования, предъявляемые к эбуляционным насосам

Технические требования, предъявляемые к эбуляционному насосу, довольно высоки и зависят от условий эксплуатации, характеристик перекачиваемой жидкости и места установки. Циркуляционный эбуляционный насос устанавливается снаружи реактора гидрокрекинга, а перекачиваемая среда представляет собой трехфазную среду, состоящую из тяжелых нефтепродуктов, твердых частиц катализатора и

РЕКЛАМА

РИСУНОК 2. Чертеж в разрезе эбуляционного насоса производства компании Hefei Huasheng Pumps & Valves Co., Ltd



водорода. Эбуляционный насос позволяет регулировать степень перемешивания материалов в реакторе и степень расширения слоя взаимодействия катализатора со смесью.

Типовые рабочие параметры для эбуляционного насоса:

- Температура перекачиваемой среды: прибл. 480°C.
- Давление на нагнетании: 16,8–25 МПа.
- Расход: 350–2600 м<sup>3</sup>/ч.
- Напор насоса: до 150 м.
- Частота вращения ротора насоса: 1450–3000 об./мин.
- Насос должен быть рассчитан на перекачку вовлеченного газа в дополнение к расходу жидкой фазы. Как правило, объемное содержание газа достигает 20%. При этом средняя плотность среды составляет прибл. 590 кг/м<sup>3</sup>.

Благодаря тому, что насос крепится патрубком всасывания непосредственно к дну реактора и не имеет собственного основания, исключаются температурные деформации трубопроводов, что делает конструкцию безопасной и надежной

### Особенности эбуляционных насосов

Чертеж поперечного сечения эбуляционного насоса показан на рисунке 2. По своей конструкции эбуляционный насос – это одноступенчатый консольный центробежный насос, приводимый экранированным двигателем с «мокрым» ротором. Из-за высокой температуры перекачиваемой среды предусмотрена система обеспечения требуемой температуры двигателя.

Насос крепится патрубком всасывания непосредственно ко дну реактора, как правило, с помощью сварного соединения и не имеет собственного основания. Благодаря данному решению исключаются температурные деформации трубопроводов, что делает конструкцию безопасной и надежной.

Роторная часть электродвигателя и рабочее колесо насоса крепятся на одном валу и вместе образуют единый ротор насоса, который вращается в масляной среде. Крутящий момент передается на ротор через электромагнитное поле статора. Перед запуском проточная часть насоса заполняется жидкой средой реактора. Посредством гидродинамического взаимодействия лопаток центробежного рабочего колеса и перекачиваемой среды энергия вращения ротора насоса переходит в кинетическую энергию движения и статическое давление перекачиваемой среды на выходе из рабочего колеса и в нагнетательном патрубке электронасоса.

Регулирование рабочих параметров насоса (расхода и напора) осуществляется за счет изменения частоты вращения вала с помощью частотно-регулируемого привода.

Можно выделить следующие технические особенности эбуляционных насосов:

- Рабочее колесо и двигатель расположены на одном валу, обмотка электродвигателя создает вращающееся магнитное поле для приведения ротора насоса в движение. Насос является полностью герметичным.
- Корпус насоса изготовлен из ковальной стали (ASTM A182 F347 или аналог). Всасывающий и нагнетательный патрубки соединены с соответствующими трубопроводами по месту установки с помощью сварки.

РИСУНОК 3. Эбуляционный насос производства Hefei Huasheng Pumps & Valves Co., Ltd на нефтеперерабатывающем заводе Yulin Refinery (Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co, Ltd



- Все компоненты насоса проектируются и изготавливаются в соответствии с конкретными рабочими условиями, учитываются высокая температура и давление перекачиваемой среды.
- Способность двухстороннего упорного гидродинамического подшипника воспринимать осевые усилия испытывается на стадии проектирования насоса.
- Проводятся анализ прочности конструкции и термический анализ всех деталей насоса для обеспечения безопасной и безотказной работы.
- Направляющий аппарат снижает скорость потока за рабочим колесом и преобразует кинетическую энергию потока в статическое давление перекачиваемой среды. Отсутствие спирального отвода позволяет сделать корпус насоса сферической формы – такая конструкция проще в изготовлении, позволяет выдерживать большие давления и менее восприимчива к высоким температурам.
- Учитываются особенности перекачивания трехфазных сред: пониженный гидроабразивный износ рабочего колеса при взаимодействии с твердыми частицами достигается

за счет нанесения на рабочее колесо и направляющий аппарат защитного карбид-вольфрамового покрытия.

- В данных насосах применяются металлические кольца для уплотнения неподвижных соединений в условиях работы при высоких давлениях и температурах. Металлические кольца применяются в неподвижных соединениях между внешним корпусом насоса и фланцем корпуса электродвигателя, для уплотнения вспомогательного фланца и уплотнения приборов КИПиА. Используется самопозиционируемое уплотнительное кольцо, рассчитанное на высокое давление, которое обладает высокой прочностью и коррозионной стойкостью при температуре до 650°C.
- Привод насоса осуществляется двигателем с «мокрым» ротором и отдельной системой охлаждения и фильтрации масла (масляно-водяной теплообменник).
- Частота вращения ротора двигателя регулируется с помощью ЧРП (предусмотрено резервирование); миллисекундный переключатель уровня в состоянии отказа.

- Внешняя система охлаждения и очистки масла также обеспечивает поддержание давления масла в электродвигателе выше, чем давление перекачиваемой среды в камере насоса, таким образом перекачиваемая насосом среда не попадает в электродвигатель.
- Температура масла вокруг ротора электродвигателя поддерживается в диапазоне 70...90°C, что обеспечивает приемлемую температуру и нормальную работу обмоток статора.
- Клеммы электродвигателя имеют отдельную изоляцию и герметизацию.
- Теплообменник для охлаждения масла устанавливается в нижней части двигателя. Масло поступает в теплообменник из электродвигателя и после охлаждения возвращается к вспомогательному рабочему колесу. Таким образом обеспечивается цикл охлаждения. Теплообменник имеет змеевидную конструкцию, общая площадь теплообмена рассчитывается с учетом высоких температур перекачиваемой среды. Змеевик теплообменника заполнен маслом и размещен в корпусе, заполненном водой. Поэтому особенно важно обеспечить качество изготовления теплообменника и сварных швов, чтобы избежать утечки.

Все эти требования и особенности делают эбуляционные насосы одними из наиболее сложных насосов с технической точки зрения. В мире существует всего несколько производителей, которые имеют в своем портфолио такие насосы и могут подтвердить их надежность реальным опытом применения и решают вопросы удовлетворения спроса на легкую нефть путем более глубокой переработки тяжелой нефти без разведывания новых месторождений. ●

#### Литература

1. S. Kressmann, C. Boyer, J.J. Colyar, J.M. Schweitzer and J.C. Vigié – Improvements of Ebullated-Bed Technology for Upgrading Heavy Oils, Article in Oil & Gas Science and Technology – Revue de l'IFP, July 2000.
2. Материалы компании Hefei Huasheng Pumps & Valves Co., Ltd.

KEYWORDS: heavy oil, refining, pump, hydrocracking reactor, fluidized bed, ebullating pump.

# О ЧЕМ ПИСАЛ Neftegaz.RU 10 ЛЕТ НАЗАД...

Государство до 2020 г. вложит в развитие геологоразведки 320 млрд рублей

В сентябре 2014 г. вице-премьер РФ А. Хлопонин рассказал, что до 2020 г. в развитие геологической разведки и пополнение минерально-сырьевой базы страны вложат около 320 млрд рублей, взамен государство ждет их эффективного использования.



## • Комментарий Neftegaz.RU

В последующие пять лет в финансировании сектора ГРП не было замечено активного роста. В сентябре 2015 года глава Минприроды С. Донской заявил о снижении госфинансирования геологоразведки на 20%, в 2016 году инвестиции сохранились на уровне 2015 года и составили 26 млрд рублей, в 2017 году немного увеличились до 28,5 млрд руб. Несмотря на скромное финансирование, в 2017 году прирост запасов превысил объем добычи. Позитивные результаты вдохновили на увеличение финансирования на 6,3% в следующем 2018 году. Традиционно наибольший объем пришелся на средства недропользователей. Госвложения в ГРП в последующие годы снижались: в 2019 году они составили 14 млрд рублей, в 2020 г. – 13,4 млрд рублей. На ВЭФ-2024 президент поручил предусмотреть в федеральном



бюджете на следующую трехлетку финансирование программ изучения недр Дальнего Востока и Сибири.

РФ и Китай подпишут осенью 2014 г. два соглашения о поставках газа, но перспективы сотрудничества гораздо шире

1 сентября 2014 г. было начато строительство МГП «Сила Сибири», накануне стало известно, что Россия и Китай намерены подписать межправительственное соглашение о поставках газа по восточному маршруту и контракт, касающийся поставок по западному маршруту.

## • Комментарий Neftegaz.RU

В 2023 году по восточному маршруту МГП «Сила Сибири-1» было поставлено более 20 млрд м³ природного газа. По мере обустройства месторождений,



увеличения мощностей компрессорных станций на российской стороне и развития принимающих мощностей в Китае

объемы поставок газа по МГП увеличивались, с момента ввода газопровода в эксплуатацию в декабре 2019 года было транспортировано более 50 млрд м³ газа. Западный маршрут должен дополнить действующий Восточный и строящийся Дальневосточный, запуск которого запланирован до 2027 г. А к 2032 г. планируется объединить восточную и западную ГТС.

ГК «Трасса» намерена к 2022 г. построить НПЗ в Подмоскowie

В сентябре 2014 года ГК «Трасса», владеющая крупнейшей независимой сетью АЗС подтвердила готовность построить к 2022 году НПЗ в Подмоскowie, который будет выпускать бензин класса Евро-5.

## • Комментарий Neftegaz.RU

Проект так и не был реализован. Сегодня обеспечение нефтепродуктами Москвы и региона осуществляется силами нескольких нефтеперерабатывающих заводов. Самый крупный из них – Московский НПЗ, обеспечивающий 40% потребностей Москвы в бензине и 50% в дизельном топливе. Уже тогда, 10 лет назад, эксперты сомневались в успехе проекта строительства нового НПЗ, ссылаясь на сложности с поиском участка для строительства и поставщика нефти и выражая сомнения, что продукция завода будет широко продаваться на высококонкурентном и насыщенном бензином рынке Подмоскowie. ●

# МИРТЕК®

изобретая будущее

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ УЧЁТ ГАЗА



Мембранные и ультразвуковые приборы учёта газа от российского производителя



Поддержка телеметрии GSM/GPRS/NB-IoT, LoRaWAN и RF433



Соответствие требованиям ООО «ГАЗПРОМ МЕЖРЕГИОНГАЗ»



Сертификация по ТР ТС 012/2011 (взрывозащита)



Интеграция с ИУСЦИФРА



Возможность подключения датчиков CO и CH



Соответствие ПП РФ №719



РЕКЛАМА



sug.mirtekgroup.com

## ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

127055, Россия, г. Москва, ул. Новолесная, 2  
+7 (988) 868 55 17

sug@mirtekgroup.ru

заказ продукции

# РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ на адсорбционной установке подготовки природного газа

**Ясьян Юрий Павлович**

заведующий кафедрой технологии нефти и газа,  
Кубанский государственный технологический  
университет,  
д.т.н., профессор

**Сыроватка Владимир Антонович**

и.о. заведующего базовой кафедрой  
эксплуатации компрессорных станций и  
проектирования оборудования магистрального  
транспорта газа,  
Кубанский государственный технологический  
университет,  
к.т.н.

**Казакова Алина Сергеевна**

соискатель кафедры технологии нефти и газа,  
Кубанский государственный технологический  
университет

**Берестенко Егор Николаевич**

специалист кафедры технологического  
оборудования и систем жизнеобеспечения,  
Кубанский государственный технологический  
университет

В ДАННОЙ СТАТЬЕ РАССМОТРЕНО ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ НА УРОВНЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ, ПОЗВОЛЯЮЩЕЕ ВЫДЕЛИТЬ СЖИЖЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ГАЗЫ (СУГ) С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОЦЕССА КАЧЕСТВЕННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ НА ЖИДКУЮ И ГАЗООБРАЗНУЮ ФАЗЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА К ТРАНСПОРТУ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОФРАКЦИОНИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ (ГФУ). ПРЕДСТАВЛЕНА РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, КОТОРАЯ ДАЕТ ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ СУГ ДО 90%, ЗА СЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ОТРАБОТАННОГО ГАЗА РЕГЕНЕРАЦИИ И ЭФФЕКТИВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНДЕНСАЦИИ И РЕКТИФИКАЦИИ (НТКР), А ТАКЖЕ РАЗДЕЛЕНИЕМ ГАЗОВОЙ СМЕСИ НА ГФУ

THIS ARTICLE DISCUSSES A TECHNICAL SOLUTION AT THE INVENTION LEVEL, ALLOWING TO EXTRACT LIQUEFIED HYDROCARBON GASES (LHG) USING THE PROCESS OF HIGH-QUALITY SEPARATION INTO LIQUID AND GASEOUS PHASES DURING THE NATURAL GAS PREPARATION FOR TRANSPORTATION, USING A GAS FRACTIONATION UNIT (GFU). A SUSTAINABLE TECHNOLOGY, WHICH MAKES IT POSSIBLE TO EXTRACT LHG HYDROCARBONS UP TO 90%, DUE TO ADDITIONAL COOLING OF THE EXHAUST GAS OF REGENERATION AND THE EFFECTIVE DISTRIBUTION OF PROCESS FLOWS USING LOW-TEMPERATURE CONDENSATION AND RECTIFICATION (LTCR), AS WELL AS SEPARATION OF THE GAS MIXTURE AT THE GFU IS PRESENTED

Ключевые слова: адсорбционная установка, подготовка природного газа к транспорту, сжиженные углеводородные газы, рациональная технология извлечения сжиженных углеводородных газов, низкотемпературная конденсация и ректификация, газофракционирующая установка.

В газовой промышленности адсорбционные установки подготовки природного газа к транспорту обеспечивают надежную поставку качественного топлива потребителю при дальнем транспорте природного газа, но при этом не обеспечена возможность извлечения углеводородов C3 и C4.

Метод ступенчатой сепарации не позволяет выделить углеводородные компоненты СУГ из газа регенерации, что приводит к потерям углеводородов C3 и C4 с отработанным газом регенерации до 100%.

Известно, что пропан и бутан играют значительную роль в промышленности благодаря своим химическим и физическим свойствам и имеют широкий спектр применения в различных отраслях промышленности. Поэтому задача извлечения углеводородов C3 и C4 из газа регенерации и сокращение потерь СУГ на адсорбционной установке является актуальной и практически значимой для газовой промышленности.

В настоящее время для сокращения потерь углеводородных компонентов на адсорбционной установке подготовки природного газа к транспорту в газовой и нефтяной промышленности предложена усовершенствованная установка для его осуществления (Патент РФ № 2645105) [1]. Где для рациональной работы адсорбционной установки используется изохлорное расширение (дросселирование) отработанного газа регенерации для его охлаждения с последующей низкотемпературной ректификацией [2].

Предлагаемый способ на усовершенствованной установке подготовки природного газа более эффективен, поскольку позволяет повысить качество подготовки углеводородного газа, увеличить выработку продукции, снизить потери жидких углеводородов и уменьшить эксплуатационные затраты [2].

## ФАКТЫ

До 100%

составляют потери углеводородов C3 и C4 с отработанным газом регенерации при ступенчатой сепарации

Но при подготовке и переработке газа на данной усовершенствованной установке подготовки природного газа, одной из проблем по-прежнему является потеря углеводородов C3..C4 в составе газа стабилизации. После отбензинивания природного газа в блоке стабилизации углеводородного конденсата газ стабилизации C1..C4 направляют на собственные нужды или отводят с установки потребителю, без дополнительной низкотемпературной переработки и разделения на газофракционирующей установке (ГФУ). Что приводит к потерям ценных углеводородов C3..C4 до 100%.

Текущая политика рационального природопользования требует рассматривать данные адсорбционные установки подготовки природного газа как источник не только газообразного топлива и углеводородного конденсата, но и сжиженного углеводородного газа в качестве отдельного товарного продукта.

## Предлагаемое решение

Когда речь идет о повышении производственной эффективности в газовой промышленности, выбор технологии является основным

показателем. Для сокращения потерь СУГ, поддержки комплексных систем по максимальному использованию углеводородного сырья, а также рационализации технологии подготовки природного газа к транспорту необходимы специальные решения, относящиеся к наилучшим доступным технологиям НДТ.

Одним из перспективных направлений в области данных решений является рациональная технология извлечения СУГ при подготовке природного газа к транспорту, которая относится к НДТ [3].

В настоящее время газовая промышленность на адсорбционных установках подготовки природного газа к транспорту нуждается в рациональных технологиях извлечения СУГ в качестве товарных продуктов, что может улучшить экономические и технологические показатели производства и укрепить экологическую безопасность [3].

Рациональное использование выделенных ценных компонентов – один из путей, который может способствовать достижению в настоящее время стратегической цели развития минерально-сырьевой базы, которая заключается в создании условий для устойчивого обеспечения минеральным сырьем социально-экономического развития и поддержания необходимого уровня экономической и энергетической безопасности Российской Федерации [4].

Преодоление зависимости от импорта требует инвентаризации неиспользуемого фонда недр дефицитных видов сырья с его геолого-экономической оценкой, анализом и обновлением геолого-разведочных данных, разработкой новых технологий обогащения и глубокой переработки минерального сырья по всей цепочке получения конечных промышленных изделий [4].

Реализация рациональной технологии извлечения СУГ связана с необходимостью повышения производственной эффективности адсорбционной установки подготовки природного газа к транспорту, позволяющая сократить потери сжиженных углеводородных компонентов C3..C4 до 90%.

Предлагается для эффективной работы адсорбционной установки подготовки природного газа к транспорту по сокращению потерь сжиженных углеводородных компонентов C3..C4 дополнительно охлаждать отработанный газ регенерации до температуры минус 60–70 °С, для добавочной конденсации сжиженных углеводородов C3..C4 и удаления основного количества углеводородов C1..C2, с целью направить газ стабилизации из конденсационно-отпарной колонны далее на ГФУ, для получения добавочной продукции – пропан-бутановой фракции (ПБФ), пропановой фракции, бутановой фракции и газообразных – метан-этановой и этановой фракции (рисунок 1).

Подтверждением достижения технологического результата по качественному разделению отработанного газа регенерации на газообразную C2..C4 и жидкую фазу C5+ являются теоретические закономерности НТКР, путем процесса охлаждения природного газа, сопровождающегося последовательной конденсацией компонентов C3+ при определенном давлении и последующем

## ФАКТЫ

**-60...  
-70 °С**

должна составлять температура охлаждения отработанного газа регенерации для добавочной конденсации сжиженных углеводородов C3..C4 и удаления основного количества углеводородов C1..C2

разделении образовавшейся газожидкостной смеси без предварительной сепарации в тарельчатых или насадочных ректификационных колоннах, с возможностью разделения полученной смеси легких углеводородов на ГФУ с выработкой СУГ.

Разделение полученной смеси легких углеводородов на адсорбционной установке подготовки природного газа с блоком ГФУ обеспечивает возможность получения добавочной продукции:

- пропан-бутановой фракции (ПБФ),
- пропановой фракции,
- бутановой фракции,
- этановой фракции.

Принцип работы ГФУ основан на разной температуре кипения компонентов, входящих в состав газа.

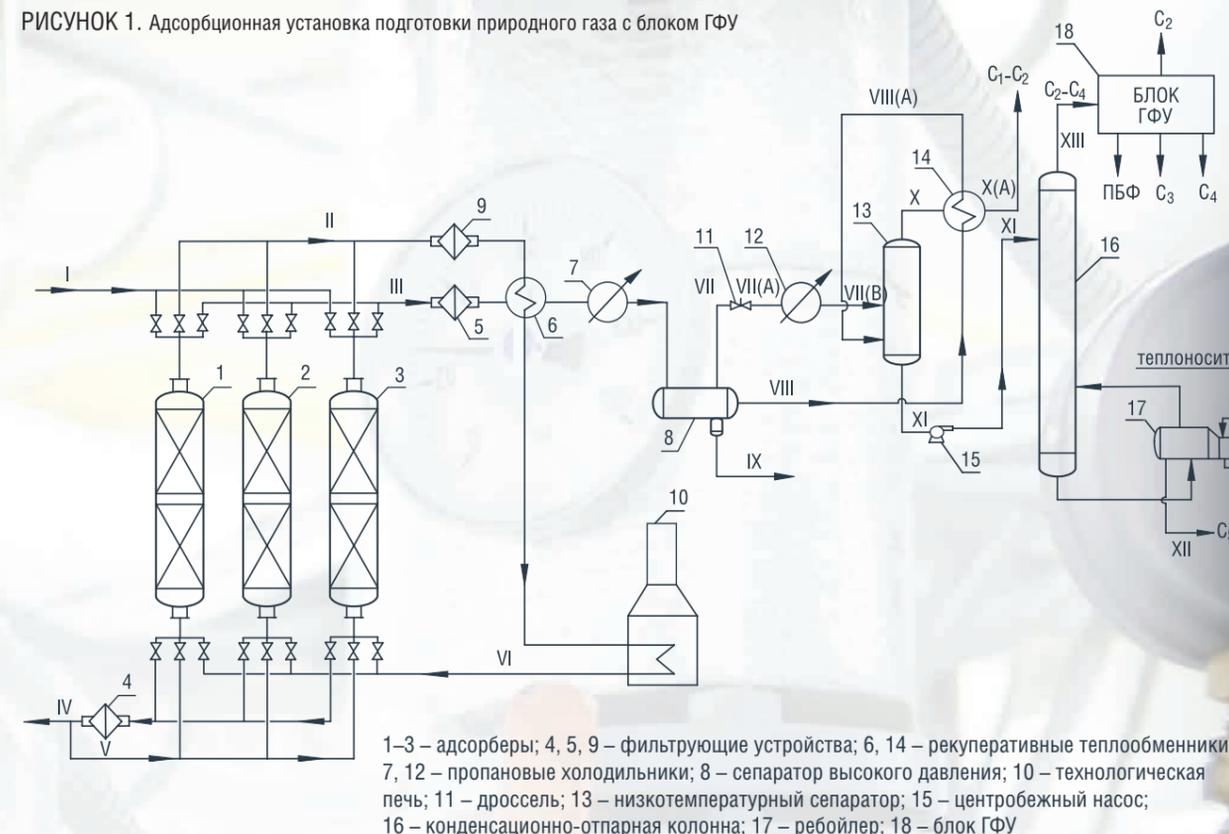
Согласно рис. 1, адсорбционная установка подготовки природного газа с блоком ГФУ, работает следующим образом.

При общем расходе исходного газа 1 900 000 м<sup>3</sup>/ч с давлением 6,4–10,0 МПа, температурой 20–40 °С и с плотностью 0,600–0,700 кг/м<sup>3</sup> поступает на адсорбционную установку подготовки природного газа с блоком ГФУ.

Исходный углеводородный газ подается на сепарацию, где отделяется поток I отсепарированного газа от потока углеводородного конденсата и потока техводы (не показано). Поток I отсепарированного газа направляют в адсорберы 1, 2, 3, находящиеся на стадии осушки и отбензинивания газа, проходит их сверху вниз, адсорбентом является силикагель.

Адсорберы 1, 2, 3 работают периодически в циклах адсорбция – регенерация – охлаждение. Далее осушенный и отбензиненный поток IV подготовленного газа с температурой точки росы по воде не выше минус 25 °С и по углеводородам не выше минус 16 °С и давлением не менее 6,3–9,9 МПа из адсорбционной установки газа через фильтр 4 направляют потребителю.

РИСУНОК 1. Адсорбционная установка подготовки природного газа с блоком ГФУ



1–3 – адсорберы; 4, 5, 9 – фильтрующие устройства; 6, 14 – рекуперативные теплообменники; 7, 12 – пропановые холодильники; 8 – сепаратор высокого давления; 10 – технологическая печь; 11 – дроссель; 13 – низкотемпературный сепаратор; 15 – центробежный насос; 16 – конденсационно-отпарная колонна; 17 – ребойлер; 18 – блок ГФУ

После завершения цикла адсорбции адсорберы 1, 2, 3 переводят в цикл регенерации. Поток VI газа регенерации предварительно нагревают в печи 10 до температуры 250–350 °С и направляют в адсорберы 1, 2, 3, переключенные в цикл регенерации. При проведении регенерации из адсорбента извлекаются поглощенные тяжелые углеводороды и техвода. После проведения регенерации поток III газа, содержащего тяжелые углеводороды и техводу, очищают в фильтре 5, охлаждают в рекуперативном теплообменнике 6, холодильнике 7 до температуры 20 °С и направляют в сепаратор 8, при этом из сепаратора 8 отводят поток VII отработанного газа регенерации, поток VIII углеводородного конденсата и поток IX техводы. После завершения цикла регенерации адсорберы 1, 2, 3 переводят в цикл охлаждения. Часть потока IV подготовленного газа по линии подачи потока V газа охлаждения направляют в адсорберы 1, 2, 3, находящиеся в стадии охлаждения, проходит его снизу вверх и охлаждает адсорбент. После проведения охлаждения адсорбента по линии отвода потока II газ охлаждения проходит через фильтр 9, рекуперативный теплообменник 6 и направляется в печь 10.

Поток VII отработанного газа регенерации из сепаратора 8 высокого давления после проведения регенерации адсорбента направляют в дроссель 11 и подвергают охлаждению до температуры минус 17–20 °С путем дросселирования и далее через первую линию потока VII (A) охлажденного отработанного

## ФАКТЫ

### При регенерации

из адсорбента извлекаются поглощенные тяжелые углеводороды и техвода

газа регенерации подают на дополнительное охлаждение в пропановый холодильник 12 до температуры минус 65–70 °С для более полной конденсации сжиженных и жидких углеводородов, затем через вторую линию поток VII (B) охлажденного отработанного газа регенерации от пропанового холодильника 12 направляют в низкотемпературный сепаратор 13, где осуществляется низкотемпературная сепарация при давлении 1,8–2,0 МПа.

В низкотемпературном сепараторе газа 13 в поднимающиеся газовые потоки в большей степени переходят легкие углеводороды, которые отводятся по первой линии отвода X охлажденного газа сепарации и далее поступают в рекуперативный теплообменник 14 для охлаждения углеводородного конденсата, который поступает по линии отвода углеводородного конденсата VIII от сепаратора высокого давления 8 и далее поступает через вторую линию охлажденного углеводородного конденсата VIII(A) в нижнюю

часть низкотемпературного сепаратора 13 для дополнительного разделения углеводородного конденсата от газообразных углеводородов C1..C2.

А парожидкостный поток, состоящий в большей степени из сжиженных и жидких углеводородов, от низкотемпературного сепаратора 13, через насос 15 и первую линию отвода охлажденного углеводородного конденсата XI направляется в конденсационно-отпарную колонну 16 с подогревом низа колонны ребойлером 17, которая снабжена линией отвода XIII углеводородного конденсата C5+ и линией отвода XII газа стабилизации C2..C4.

Поток охлажденного газа сепарации X(A) от рекуперативного теплообменника 14 подается на собственные нужды. В верхнюю часть конденсационно-отпарной колонны 16 через линию отвода охлажденного углеводородного конденсата XI поступает на стабилизацию парожидкостный поток от низкотемпературного сепаратора 13 с температурой минус 60–65 °С.

А охлажденный углеводородный конденсат от сепаратора высокого давления 8, предварительно охлажденного до температуры минус 60–65 °С в рекуперативном теплообменнике 14, посредством потока охлажденного газа сепарации по первой линии отвода охлажденного газа сепарации X, от низкотемпературного сепаратора 13 подается в нижнюю часть низкотемпературного сепаратора.

Вместе с легкими углеводородами выпариваются и более тяжелые углеводороды, которые конденсируются и переходят в жидкую фазу. В результате многократного контактирования газовой и жидкой фазы выделяются легкие углеводороды-газы стабилизации C3..C4 до 90 %

В нижней части конденсационно-отпарной колонны 16 с ребойлером 17 происходит выпаривание из жидкой фазы остаточных легких углеводородов и получение стабильного конденсата C5+, поток XIII. Вместе с легкими углеводородами выпариваются и более тяжелые углеводороды, которые в верхней части конденсационно-отпарной колонны 16 конденсируются при температуре минус 60–65 °С и переходят в жидкую фазу, стекающую в нижнюю часть конденсационно-отпарной колонны 16.

В результате многократного контактирования газовой и жидкой фазы в верху конденсационно-отпарной колонны 16 происходит выделение легких углеводородов-газов стабилизации C3..C4 до 90 %.

Присутствие метанола (80 %) в техводе допускает охлаждение газа и конденсата до указанных температур без гидратообразований.

Давление в конденсационно-отпарной колонне 16 поддерживается 2,2– 2,5 МПа, температура куба 218–240 °С.

Полученную смесь потока XIII газов стабилизации направляют в блок ГФУ 18 для получения ПБФ, пропановой фракции, бутановой фракции и этановой фракции.

## ФАКТЫ

До 90 %

C3...C4 можно выделить, применяя технологию процессов НТКР и ГФУ на адсорбционной установке подготовки природного газа

Оптимальный режим работы адсорбционной установки подготовки природного газа с блоком ГФУ при НТКР газа регенерации и переработке газа стабилизации в блоке ГФУ подбирают расчетным и опытным путем на каждом производстве газовой и нефтяной промышленности индивидуально в зависимости от состава, расхода и параметров исходного углеводородного газа, а также затрат на эксплуатацию.

## Заключение

Разработка рациональных технологий, направленных на увеличение коэффициентов извлечения минерального сырья и сокращение его потерь при переработке, является в настоящее время приоритетом научно-технологического развития для достижения глобального лидерства отечественных разработок.

Таким образом, рациональная технология извлечения СУГ с использованием процессов НТКР и ГФУ на адсорбционной установке подготовки природного газа позволит добавочно выделить ценные компоненты C3..C4 до 90 %, которые играют важную роль в энергетической и промышленной сферах, при стремлении к более устойчивым и экологически чистым решениям в рамках новой стратегии развития минерально-сырьевой базы. ●

### Литература

1. Патент РФ № 2645105С1, МПК 25J 3/00. Способ подготовки углеводородного газа и установка для его осуществления / Ясьян Ю.П., Сыроватка В.А. / Опубл.: 15.02.2018. Бюл. № 5.
2. В.А. Сыроватка, Ю.П. Ясьян. Усовершенствованная адсорбционная установка подготовки углеводородного газа к транспорту // Научно-технический журнал Технологии нефти и газа, 2018. № 1. С. 3–6.
3. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (ИТС 50-2017) Переработка природного и попутного газа. URL: <https://docs.cntd.ru/document/555664732> (дата обращения 04.08.2024).
4. Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2050 года. Распоряжение Правительства № 1838-р от 11 июля 2024 г.

KEYWORDS: adsorption plant preparation of natural gas for transportation, liquefied petroleum gases, rational technology of extraction of liquefied petroleum gases, low-temperature condensation and rectification, gas fractionation plant.

# БУРОВОЙ РЕАГЕНТ «ASDAPAC»

Продукция «ASDAPAC» является повсеместно используемым материалом в качестве добавки к буровым растворам, также применяется в различных технологических жидкостях.

Полианионная целлюлоза «ASDAPAC» эффективна в качестве понизителя фильтрации и стабилизатора всех типов буровых растворов на водной основе и эффективна в пресных и соленых буровых растворах.

## ПРЕИМУЩЕСТВА НАШЕЙ ПРОДУКЦИИ



Контроль фильтрации всех типов буровых растворов



Высокая термостойкость (до 120 С);



Контроль реологических параметров буровых растворов



Эффективна в растворах с различной минерализацией



Эффективна при высоких показателях pH (до 11,5)



# ООО «PROMXIM IMPEX» является одним из крупных производителей Полианионной целлюлозы (ПАЦ) и Карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) в странах СНГ.

На данный момент производственные линии расположены в городах Ташкент и Навои (Республика Узбекистан).

Объем выпускаемой продукции в год достигает до **10,000 тонн**.

Высокотехнологичные линии «Shnieder» работающие на системе «Siemens», дают возможность изготавливать высокоочищенный ПАЦ до **95% основного вещества**, что делает наш продукт конкурентоспособным по качеству с мировыми аналогами.

Мы производим не только **ПАЦ на основе хлопковой целлюлозы**, но и **низковязкий ПАЦ из древесной целлюлозы**, что позволяет конкурировать и по стоимости продукции.

## Буровые реагенты «ASDA» выбирают такие компании как:



Это стало возможным благодаря тому, что компания зарекомендовала себя как надежного партнера, вследствие стабильно высокого качества буровых реагентов, которые отлично показали себя в самых сложных полевых условиях.

Не секрет, что лучший хлопок выращивается в странах с жарким климатом, таких как **Египет, Индия, Пакистан, США и Узбекистан**.

Именно узбекский хлопок является уникальным, благодаря географическому расположению, которое обеспечивает прямое попадание солнечных лучей.

Мы отбираем **лучшие сорта хлопка** для изготовления нашей продукции «ASDA».



Лаборатории «PROMXIM IMPEX» аккредитованы под международный стандарт и вся продукция соответствует стандартам **API (American Petroleum Institute)** и **ISO 13500:2008**.



Наша компания «PROMXIM IMPEX» является официальным членом Европейской нефтехимической ассоциации (EPCA).

 [asdacell.uz](https://www.instagram.com/asdacell.uz)

 [asda.uz](https://www.facebook.com/asda.uz)

 [asdacell](https://www.telegram.com/asdacell)

 [export@asda.uz](mailto:export@asda.uz)

 [www.asda.uz](https://www.asda.uz)

 +998 78 147 92 22

 +998 94 940 92 22

 Республика Узбекистан, Ташкентская область, Зангиатинский район, ул. Намунали уйлар 116

# РАЗВИТИЕ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ

## на современном этапе цифровых и технологических преобразований

В СТАТЬЕ ИССЛЕДУЮТСЯ КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ С ПОЗИЦИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. РАЗВИТИЕ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ С ДРУЖЕСТВЕННЫМИ СТРАНАМИ ЯВЛЯЕТСЯ ОСНОВОЙ ПРОВОДИМОЙ ГОСУДАРСТВОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ, ОБЕСПЕЧИВАЕТ ЭКОНОМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ, СПОСОБСТВУЕТ ВЗАИМНОМУ ОБМЕНУ ПЕРЕДОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ РЕШЕНИЯМИ. ПРОАНАЛИЗИРОВАНЫ АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ С ИМПОРТЕРАМИ; ОБОСНОВАНА ЗНАЧИМОСТЬ ЗАКЛЮЧЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ВНЕШНЕТОРГОВЫХ КОНТРАКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОЙ ПОЛИТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ, ДИВЕРСИФИКАЦИИ СТРУКТУРЫ ЭКСПОРТА ЗА СЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОЛИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОДУКЦИИ С ВЫСОКОЙ ДОБАВЛЕННОЙ СТОИМОСТЬЮ. ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПОРТНЫХ КОНТРАКТОВ ТРЕБУЕТ ВСЕСТОРОННЕГО АНАЛИЗА СПЕЦИФИКИ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН, КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И УСЛОВИЙ РЕАЛИЗАЦИИ, УСТРАНЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНЫХ БАРЬЕРОВ, ЗАДЕЙСТVOВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНСТИТУТОВ ГР НГК, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ИНФОРМАЦИОННО-КОНСУЛЬТАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ. ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБУСЛОВИЛИ НЕОБХОДИМОСТЬ СВОЕВРЕМЕННОЙ КОРРЕКТИРОВКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ, ЗАЛОЖЕННЫХ ЦЕЛЕВЫХ ОРИЕНТИРОВ

*IN ARTICLE ARE RESEARCHING THE KEY DIRECTIONS AND FEATURES OF FOREIGN ECONOMIC INTERACTIONS IN THE OIL AND GAS COMPLEX FROM THE STANDPOINT OF ENSURING NATIONAL SECURITY AND ENERGY SUSTAINABILITY. THE DEVELOPMENT OF FOREIGN ECONOMIC RELATIONS WITH FRIENDLY COUNTRIES IS THE BASIS OF THE STATE'S ENERGY POLICY, ENSURES ECONOMIC STABILITY, CONTRIBUTES TO THE MUTUAL EXCHANGE OF ADVANCED TECHNOLOGICAL SOLUTIONS. ARE ANALYZED THE ACTUAL DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF MECHANISMS OF FOREIGN ECONOMIC RELATIONS WITH IMPORTERS; IS JUSTIFIED THE IMPORTANCE OF CONCLUDING STRATEGIC FOREIGN TRADE CONTRACTS IN THE CONTEXT OF AN UNSTABLE POLITICAL SITUATION, DIVERSIFICATION OF THE EXPORT STRUCTURE BY INCREASING THE SHARE OF OIL AND GAS PRODUCTS WITH HIGH ADDED VALUE. THE CONCLUSION OF EXPORT CONTRACTS REQUIRES A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE SPECIFICS LEGISLATION FOREIGN COUNTRIES, THE COMPREHENSIVE RESEARCH OF ENVIRONMENTAL FACTORS AND IMPLEMENTATION CONDITIONS, THE ELIMINATION OF ADMINISTRATIVE BARRIERS, THE USE CAPABILITIES INSTITUTIONS OF STATE REGULATION OF THE OIL AND GAS COMPLEX THAT PROVIDE INFORMATION AND CONSULTING SUPPORT. THE ONGOING ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL TRANSFORMATIONS MADE IT NECESSARY TO TIMELY ADJUST THE ENERGY STRATEGY AND SET TARGETS*

**Ключевые слова:** государственное регулирование, нефтегазовый комплекс, промышленность, углеводородные ресурсы, цифровые технологии, Евразийский экономический союз, экономическая интеграция, национальная безопасность, энергетическая безопасность.

**Трофимов  
Сергей Евгеньевич**  
профессор Академии  
военных наук,  
к.э.н.

Составной частью внешнеэкономической деятельности ГР НГК выступает исполнение взятых международных обязательств. Это повышает надежность России в качестве основного поставщика углеводородов на мировой энергетический рынок, находит отражение в экономических и инвестиционных рейтингах. Реализация нефтегазовых проектов может потребовать создания

совместных предприятий без долевого участия зарубежных государств и компаний, воздействия излишних звеньев на принимаемые решения. Выделение основных точек роста, инфраструктурных проектов и транспортных магистралей затрагивает все сегменты НГК, максимизирует общий экономический эффект.

УДК 338.45:622.3(470)

Созданные институты, формы и механизмы государственной поддержки должны исключать формализм, их функционирование направлено на решение вопросов в НГК, получение конкретных практических результатов. Отсутствие разночтений в рамках внешнеэкономической деятельности государства и нефтегазовых компаний также способствует своевременной реализации направлений развития и проектов в НГК, недопущению их срыва и сбоев в осуществлении, обеспечивает снижение общих рисков, затрат на строительство, функционирование и обслуживание.

Производительность НГК возможно существенно повысить за счет глобального разделения труда, планомерной реализации государственной энергетической политики, а не единоразовых регулирующих действий, прагматичного распределения нефтегазовых доходов на социально-экономическое развитие регионов, стратегические цели и оперативные задачи. Международные договоры России допускают создание совместных нефтегазовых предприятий с пропорциональным либо иным распределением прибыли относительно долей участников. Подобные предприятия стремятся максимально задействовать потенциал экономического роста и выйти на проектную мощность; их акционерами обычно выступают государства базирования активов и российские нефтегазовые компании.

В рамках полного производственного цикла отечественные предприятия могут развивать глубокую

переработку и другие сегменты НГК в зарубежных странах, самостоятельно реализовывать добываемое сырье и производимую продукцию внутри региона базирования и на прочие рынки. Фактически это предопределяет развитие нефтегазовой отрасли государств-партнеров, т.к. для решения значимых энергетических вопросов используются российские технологические возможности, сопровождаемые укреплением внешнеэкономических отношений, извлечением политических преимуществ. Также следует прагматично задействовать зарубежную нефтегазовую инфраструктуру, поддерживать ее в надлежащем техническом состоянии, участвовать в своевременной модернизации, совершенствовании, развитии новых производств, нацеленных в т.ч. на импортозамещение иностранного нефтегазового оборудования, способствовать повышению профессиональных компетенций местного населения для обслуживания энергетических объектов [2].

Защита от рисков объектов системы транспортировки в НГК, в особенности для макрорегионов со сложными экономическими и политическими условиями, характеризует энергетическую безопасность государства, закладываемую в основу проводимой нефтегазовой политики [18]. Решение возникающих вопросов на первоначальном этапе с целью недопущения срыва поставок, взаимный учет интересов сторон, обеспечивающий возможности совместного роста, позволяет повысить вероятность практической реализации нефтегазовых проектов и совместных предприятий. Неэффективные предприятия могут быть закрыты, перепрофилированы или ориентироваться на новые направления деятельности без социально-экономических и иных последствий; в каждом конкретном случае предпринимаемые государственные меры

индивидуальны, требуют понимания рисков и долгосрочных перспектив.

Последовательное развитие сегментов НГК за счет задействования ресурсов и возможностей международных институтов позволяет реализовать полный спектр стратегических направлений государственной энергетической политики. Заключаемые международные соглашения в НГК целесообразно корректировать в сторону улучшения основных положений. Индивидуальные условия контрактов могут исходить из частичного импорта зарубежной продукции на внутривоспольский рынок по более низким ценам. В соответствии с обязательствами государственные служащие и топ-менеджеры компаний, участвующие в их подписании, несут прямую ответственность за исполнение, сроки поставок, изменение их объемов, качества и глубины переработки. Это напрямую влияет на макроэкономические показатели, позволяет укрепить экономическую платформу и внешнеторговые взаимодействия, обеспечить целостность и связность механизма ГР НГК, сделать его более организованным. Устойчивое развитие НГК возможно при формировании внутренних механизмов, институциональных условий и инфраструктурных возможностей, непосредственно связано с развитием сопряженных отраслей экономики, прагматичным расходованием нефтегазовых доходов бюджета, распределением и инвестированием средств ФНБ [8].

### Ключевые направления внешнеэкономических отношений в НГК

Структура экспорта российских углеводородов, соотношения поставщиков в общем объеме, а также направлений маршрутов претерпевают определенные изменения.

Вопросы надежности внешних поставок находятся на государственном контроле, подразумевают анализ рынков сбыта продукции. Планомерное увеличение объемов промышленного производства и рост внешней торговли содействуют загрузке предприятий и мощностей, решению значимых социально-экономических вопросов. Возникновение различных факторов, инициатором которых обычно являются зарубежные страны, в частности одностороннее нарушение, резкое изменение условий контрактов или прекращение обязательств, следует учитывать и предотвращать за счет эффективного риск-менеджмента и прогнозирования.

Международные взаимодействия выступают неотъемлемой составляющей совместного технологического и инфраструктурного развития нефтегазовых производств, расширения трубопроводной системы, направленной поставок углеводородов. В основе принимаемых государственных решений находится профессионализм организаторов и исполнителей, понимание происходящих энергетических процессов. Для реализации нефтегазовых проектов компании зачастую образуют дочерние общества, деятельность которых также находится на государственном контроле. В результате эффективного функционирования им могут быть предоставлены права на проведение ГРП и разработку континентальных и шельфовых месторождений, особые условия доступа на внешние рынки в вопросах реализации производимой продукции. Подобным предприятиям нередко предоставляют экономические и налоговые преференции, закрепляют за ними определенные лицензионные участки и месторождения. Предприятие одновременно может заниматься реализацией нескольких энергетических проектов с различной структурой собственников, включающей как крупные российские и зарубежные компании, так и правительства других стран [17].

Взаимодействие НГК с другими отраслями экономики осуществляется исходя из необходимости решения ключевых

вопросов на различных уровнях государственного управления, развития добывающих и перерабатывающих предприятий. На государственном уровне целесообразно проработать программу увеличения объемов экспорта нефтегазовой продукции с высокой добавленной стоимостью с учетом изменения и диверсификации его структуры, реализация которой возможна при содействии комплексному развитию субъектов Федерации, крупнейших проектов и основных производств, включая сектор СПГ, справедливом распределении межбюджетных трансфертов, совершенствовании механизмов взаимодействий с импортерами углеводородов.

Постановка на государственный баланс новых запасов в сочетании с прагматичной разработкой МСБ, обеспечивающей долгосрочный стабильный уровень добычи на введенных в эксплуатацию месторождениях, усиливают государственное воздействие на геополитические процессы, связанные с развитием мировой энергетики. Нарастание объемов нефтегазового производства, количественный и качественный рост экспортных поставок способствуют решению множества региональных вопросов, должны осуществляться благодаря увеличению глубины переработки и ассортимента продукции, фактически сочетать в себе технологический опыт всех отраслей промышленности. Активное внедрение достижений НТП позволяет проводить дополнительные ГРП в разрабатываемых регионах, обеспечить прирост нефтегазовых запасов, значительно повысить уровень их извлечения, добычи и глубины переработки углеводородов. На современном этапе государственные компании, по сути, контролируют все процессы, происходящие в отрасли, занимаются подготовкой прогнозных сценариев стратегического развития национального НГК [1, 5].

При разработке государственных программ целесообразно учитывать позиции российских и зарубежных институтов, ведущих отечественных и мировых экспертов относительно перспектив развития национальной МСБ, увеличения эффективности производств, наиболее прагматичного использования

накопленного ресурсного, кадрового, инфраструктурного и технологического потенциала. Данные оценки и прогнозы могут существенно расходиться между собой, в т.ч. в отношении статистических данных, однако для осуществления эффективной деятельности на государственном и корпоративном уровне – быть достаточно объективными. Фактически в силу стратегического значения весь комплекс направлений и действий, связанных с ГР НГК, направлен на повышение его производительности и максимизацию долгосрочного экономического эффекта; например, должны быть просчитаны, экономически обоснованы оптимальные маршруты, в т.ч. в отношении строительства трубопроводов по морскому дну, объемы экспортных поставок, пресекаться сокрытие валютной выручки в офшорных юрисдикциях, завышение цен на подрядные работы, позволяющее предприятиям выводить оборотные средства, и другие факты бесхозяйственности, экономических преступлений и коррупции [11].

Мониторинг основных показателей функционирования НГК, проводимый в режиме реального времени с использованием цифровых технологий, позволяет предотвратить или смягчить негативные процессы, минимизировать последствия форс-мажорных ситуаций [3].

Повышение эффективности ГР НГК возможно при совместном взаимодействии нефтегазовых предприятий в рамках созданных институтов, вынесении разработанных предложений на государственный уровень. Они могут затрагивать вопросы привлечения иностранных инвесторов, условия доступа зарубежного капитала в российский сегмент НГК, результативность работы антимонопольных органов ГР. В самих нефтегазовых корпорациях с государственным участием, объединяющих в себе множество предприятий, происходят естественные процессы, связанные с повышением эффективности деятельности, общего управления активами, их частичной приватизации. На экономическое состояние предприятий оказывают влияние качество самих активов, их ресурсно-сырьевые и инфраструктурные возможности.

Вопросы экономически устойчивого развития НГК находят отражение в стратегических и программно-целевых документах: принимаемые государственные решения дополняют друг друга ввиду неразрывных взаимосвязей всех этапов производственных процессов. Производство нефтегазового оборудования и технологий, предоставление сервисных услуг позволяет расширить инфраструктурный потенциал, укрепить взаимодействия между участниками энергетических отношений, направлено на полное удовлетворение внутреннего и внешнего спроса на углеводороды. Переплетение внутренних и внешнеэкономических аспектов национальной энергетической политики, фактически представляющих единое целое, сочетается с развитием нефтегазовой промышленности, расширением направлений транспортировки углеводородов, анализом долгосрочных приоритетов потребителей отечественной продукции, их частичной корректировки в результате принятия государственных решений [1].

Множество зарубежных, включая приграничных, государств осуществляют внутреннюю нефтегазовую политику без участия России, в частности занимаются разработкой новых маршрутов и формированием транспортных потоков. Это может быть связано с обеспечением энергетической безопасности, диверсификацией импорта углеводородов, преследованием собственных экономических мотивов, отстаиванием позиций по ключевым вопросам глобальной энергетической повестки, необходимостью соблюдения нефтегазовых контрактов, заключенных международных договоров и соглашений, а также внешнеэкономическими взаимодействиями с Россией в рамках прочих направлений. Перспективы развития данных маршрутов связаны с задействованием отечественного промышленного потенциала, наращиванием трубопроводных и иных видов поставок продукции на внешние рынки сбыта [6]. Учитываются изменения глобального и регионального спроса на углеводороды, особенности отраслей других государств,

тренды развития в связанных сегментах производства и основных предприятиях. При этом зарубежные страны и корпорации могут предлагать проекты новых международных документов и изменения в существующую правовую базу, которые противоречат национальным интересам России.

Изучение ценовой динамики на углеводородную продукцию с выделением действительных, объективных причин формирования конечной стоимости, расчет долгосрочного экономического эффекта от предоставления предприятиям НГК межбюджетных трансфертов, преференций и льгот, связанных с освоением месторождений в особо сложных условиях, предполагает внесение изменений в нормативно-правовую базу с выделением основных тенденций в национальном ТЭК. Безусловный приоритет в геологоразведке и разработке нефтегазовых запасов отдается отечественным предприятиям, призванным обеспечить комплексное социально-экономическое развитие регионов присутствия, привлечь необходимые объемы инвестиций в сектор глубокой переработки, внешних поставок первичных углеводородов и конечной продукции на внутреннем и зарубежных рынках. Отдельные экономические механизмы взаимодействия в вопросах совместного освоения месторождений в настоящее время утратили актуальность или перестали быть предусмотрены российским законодательством: предпочтение отдается вхождению иностранных компаний в уставный капитал конкретных проектов или предприятий.

Зачастую именно накопленный советский и российский опыт ГР определяет ключевые направления дальнейшего развития НГК. Стимулирование комплексного экономического развития нефтегазовой отрасли возможно за счет принятия мер ГР, направленных на формирование необходимых условий для повышения эффективности ее функционирования. Это относится к разработке наиболее значимых месторождений, вопросам долгосрочного простоя перспективных участков, находящихся на балансе предприятий или

в нераспределенном фонде, особых условий освоения запасов в отдаленных и труднодоступных территориях, выработки залежей и добычи на старых месторождениях, повышения нефтеотдачи пластов, прагматичного использования извлекаемого сырья, выявления любых видов рисков и изучения различных позиций, в т.ч. с привлечением зарубежных консалтинговых компаний, в отношении реализации энергетических проектов. Стратегическая проработка государственных решений в нефтегазовой сфере находит выражение в приоритете национального законодательства над нормами международного права, оказывает воздействие на условия привлечения иностранных инвестиций.

Особенности трубопроводной системы зарубежных государств, ее изношенность на отдельных участках маршрутов и рынках сбыта оказывают воздействие на местные экономики, обеспечение внутреннего энергетического спроса. Мониторинг технологического состояния, анализ структуры уставного капитала нефтегазовых предприятий и их возможные изменения способствуют постепенному увеличению объемов поставок, повышению безопасности транзита энергоносителей, в т.ч. в рамках крупнейших экспортных маршрутов. Государственные решения направлены на расширение технологического и экспортного потенциала, задействование геополитических и энергетических возможностей для реализации стратегических целей в контексте экономической и правовой ситуации в зарубежных странах, внутренней социокультурной специфики [10, 17].

Задачей внутренней системы нефтегазопроводов является полное обеспечение потребностей регионов в углеводородных ресурсах, а экспортной – удовлетворение энергетического спроса зарубежных государств при надежности и устойчивости поставок. Принятие мер ГР по поддержанию ее в оптимальном техническом состоянии, расширению и технологическому совершенствованию в конечном итоге способствует значительному сокращению издержек, связанных с обслуживанием.

Проектирование новых маршрутов в результате изменений внешней конъюнктуры осуществляется с учетом планомерного увеличения пропускных возможностей, направлено на увеличение экспорта глубокой переработки. Изменения в структуре ТЭБ и составе экспортеров углеводородов частично обусловлены освоением новых нефтегазоносных районов и рынков сбыта, реализацией крупных проектов, предоставлением отдельным компаниям государственных преференций и особых условий разработки запасов, слиянием и поглощением предприятий, изменениями их собственников. Минимизация издержек, устранение излишних звеньев в виде промежуточных компаний в структуре взаимодействий между участниками нефтегазовых отношений способствуют увеличению прибыли, выводу отдельных направлений деятельности из теневого сектора, совершенствованию контрактной системы, повышению эффективности операторов месторождений на внутреннем и зарубежных рынках [7, 16].

Комплексный подход к развитию транспортной инфраструктуры учитывает воздействие отдельных государств и иностранных институтов на внутренние процессы, в т.ч. в отношении реализации международных проектов, строительства альтернативных маршрутов поставок и увеличения пропускной способности существующих. На внешних рынках сбыта углеводородов целесообразно в полной мере использовать нефтегазовую инфраструктуру зарубежных государств, учитывая местные долгосрочные интересы, содействовать их осуществлению: развивать общие энергетические проекты, находить совместные решения возникающих вопросов и точки приложения регулирующих мер. При этом не следует допускать распространения заведомо недостоверной информации о состоянии национального НГК и его отдельных сегментов.

Политические процессы, связанные с НГК, по ряду направлений могут быть отделены от экономических в результате регулирующего воздействия и не оказывать значительного влияния на основную деятельность компаний. Задействование полного спектра внутренних и внешних взаимосвязей позволяет устранить отдельные

неэффективные элементы из механизма ГР НГК. Своевременное внесение изменений в нормативно-правовую базу, заключенные соглашения и контракты, оказание всесторонней государственной поддержки в реализации стратегических нефтегазовых проектов обеспечивают значительное увеличение товарооборота с зарубежными потребителями. Ряд НПА в нефтегазовой сфере в вопросах экспорта с зарубежными странами и компаниями подлежат пересмотру, направлены на укрепление торгово-экономических, технологических и социальных отношений, в т.ч. в связанных отраслях. Положения отдельных из них не должны противоречить, в частности постановления и распоряжения в рамках реализации энергетических проектов – вышестоящим федеральным законам, обеспечивать их практическое осуществление.

Устойчивость НГК определяется в т.ч. надежностью и продолжительностью взаимодействий экономических субъектов. Энергетическая сфера является ключевым направлением внешнеэкономической деятельности России, закладывает базовую платформу устойчивого роста ее экономики. Отдельные нефтегазовые проекты могут быть реализованы в результате отсутствия достигнутых соглашений между другими сторонами и недостатка капиталовложений у некоторых из них. Односторонний выход из проектов зарубежных компаний в связи с проводимой санкционной политикой послужил стартовой платформой ускоренного развития новых направлений и регионов внешних поставок, став значимым звеном в совершенствовании нефтегазовой инфраструктуры.

Комплексный подход к развитию небольших нефтегазовых компаний предполагает меры государственной поддержки, направленные на освоение региональных рынков сбыта. Укрепление взаимодействий между субъектами нефтегазовой деятельности в результате несвязанных событий внешнеэкономического, политического или военного характера в отдельных случаях не может быть заранее спрогнозировано. В результате часть нефтегазовых проектов могут быть отложены на неопределенный

период или вовсе не реализованы, несмотря на наличие перспективных запасов и возможность проведения необходимой инфраструктуры. Закрытие одних проектов по разработке месторождений способно привести к реализации более крупных в силу того, что отсутствие экономической заинтересованности со стороны других сторон или изменение политических условий призваны стимулировать поиск новых направлений развития и точек роста, напрямую затрагивает связанные с НГК отрасли экономики, отражается на показателях социальной сферы.

Отдельные труднопрогнозируемые периоды времени характеризуются кардинальным изменением всей государственной энергетической стратегии, служат дополнительным этапом перехода НГК на новый уровень технологического развития. Расширение взаимодействий с ВПК направлено на укрепление национальной безопасности, дополнительный экспорт вооружений на рынки сбыта углеводородов. Российские нефтегазовые компании участвуют в проектах по освоению месторождений, аукционах на приобретение лицензионных участков в зарубежных странах с относительно стабильной политической ситуацией для проведения ГРП, добычи и реализации углеводородного сырья и производимой продукции на внутренний рынок и экспорт. Разработка запасов МСБ обычно осуществляется при участии национальных предприятий: предлагаются альтернативные варианты развития местной инфраструктуры, расширения производственных мощностей, строительства энергетических и социальных объектов, вносятся изменения в действующие проекты, условия контрактов, в т.ч. в отношении изменения объемов поставок, совместные документы комплексного развития нефтегазовой отрасли. В рамках таких проектов формы и параметры участия предприятий, например условия входа на рынок или конечного распределения прибыли, могут существенно отличаться от российского законодательства. Конкуренция между зарубежными компаниями за право разработки месторождений может быть достаточно высокой: на один перспективный проект обычно претендуют несколько участников

энергетического рынка; задача местных властей состоит в устранении коррупциогенных факторов.

Совершенствование законодательной и институциональной платформы направлено на расширение энергетического потенциала, создание совместных предприятий, справедливый доступ к лицензионным участкам, укрепление взаимосвязей между участниками экономической деятельности. Каждый последующий этап развития основан на платформе предыдущего, характеризуется внесением изменений в нормативно-правовую базу. Совместная реализация международных проектов по освоению месторождений предполагает проведение дополнительных ГРП, уточнение запасов МСБ в разрабатываемых районах, применение новейших технологий, обеспечивающее рост показателей извлечения углеводородного сырья.

Разработка наиболее крупных залежей со сложными условиями добычи предусматривает наличие множества инвесторов и предприятий с собственными технологическими решениями. Заключение международных договоров в энергетической отрасли способствует появлению новых институтов, усилению позиций отдельных участников нефтегазового рынка, их дополнительному финансированию. Государство координирует и корректирует проводимую нефтегазовую политику, сверяет намеченные ориентиры с достигнутыми показателями в целом и по отдельным проектам, привлекает внутренние ведомства и различные институты для контроля за их реализацией, соответствия намеченным планам и срокам выполнения [2, 15].

### Специфика внешнеэкономических отношений в НГК на этапе экономических и технологических трансформаций

Ряд европейских и азиатских государств, являющихся нетто-импортерами углеводородов, полностью обеспечены российским нефтегазовым экспортом,

заинтересованы в его долгосрочной устойчивости, при этом различными способами стремятся укрепить энергетическую безопасность: разрабатывают запасы собственной МСБ, развивают транзитную инфраструктуру, производят модернизацию объектов энергетики. Следовательно, необходимо прогнозировать изменения в структуре их национальных ТЭБ, спроса и предложения, возможного энергодефицита, анализировать состояние нефтегазотранспортной системы, степень изношенности трубопроводов. Внутренний спрос на углеводороды в сопредельных странах вполне может быть удовлетворен исключительно за счет экспорта из России по ценам, приближенным к средним мировым [4].

Энергетические системы отдельных государств взаимосвязаны между собой, при этом поставки энергоносителей на некоторые промышленные объекты осуществляются из различных источников. Важнейшее значение для национального НГК имеют заключение экспортных контрактов углеводородов на стратегические рынки сбыта, введение в эксплуатацию новых нефтегазовых объектов, взаимодействие с зарубежными странами по ключевым вопросам энергетической политики.

Нефтегазовые объекты находятся на постоянном техническом контроле функционирования, мониторинге намеченных и фактических показателей, в частности соблюдения сроков строительства и проведения сервисного обслуживания с целью обеспечения производственной безопасности. Реализация некоторых проектов требует вмешательства российских и международных институтов, принятия в расчет позиций местного населения. К вопросам освоения новых участков, рынков сбыта, расширения инфраструктурных возможностей могут привлекаться ведущие научные организации, зарубежные консалтинговые компании и эксперты [6].

Целостное соединение национального и глобального нефтегазовых рынков связано с необходимостью повышения эффективности функционирования, укрепления экономических связей. Аналитическое и справочно-информационное сопровождение деятельности обеспечивается Аналитическим

центром при Правительстве РФ, РЭА Минэнерго России, его филиалом ЦДУ ТЭК, различными научно-исследовательскими институтами. Это позволяет выработать определенные критерии проводимой регулирующей политики благодаря следованию принимаемых законодательных актов утвержденным стратегическим и программно-целевым документам развития. Например, подконтрольность исполнительных органов ГР НГК заключается в т.ч. в ежегодных отчетах о результатах работы перед законодательными органами власти.

Анализ нефтегазового законодательства зарубежных стран позволяет скорректировать и усовершенствовать национальную нормативно-правовую базу, содействовать разработке международных НПА, получить дополнительные преимущества от участия в межгосударственных институтах и организациях, обеспечить благоприятные инвестиционные условия, задействовать внутренние резервы и институциональные механизмы для развития нефтегазового производства. В основе предпринимаемых регулирующих действий должна быть положена концепция максимизации экономических результатов.

Эффективность функционирования нефтегазовых компаний возможно повысить за счет принятия взвешенных регулирующих решений, совершенствования мер таможенно-тарифного регулирования, изучения структуры собственников, условий выплат дивидендов и распределения прибыли, выделения критериев контроля и результативности. Это также характерно для внутренних управленческих действий, в частности в сегменте реализации конечной продукции благодаря отсутствию излишних звеньев в цепочке распределения добавленной стоимости, бесперебойному энергообеспечению населения и предприятий без временных задержек по ценам, отражающим действительный баланс спроса и предложения. В регионах вполне эффективно могут функционировать относительно небольшие компании, способные контролировать процессы, связанные с определенным направлением. Долгосрочное взаимодействие государства и нефтегазового бизнеса направлено на выработку

совместных решений урегулирования возникающих вопросов, комплексное социально-экономическое развитие регионов. Практическая реализация отраженных в соглашениях субъектов Федерации и предприятий позиций возможна за счет создания коллегиальных рабочих органов, адаптации отдельных форм и инструментов регулирования зарубежных стран к внутренней специфике, принятия мер по развитию и внедрению отечественных разработок в нефтегазовой промышленности [12, 13].

Российские компании заинтересованы в социально-экономическом развитии регионов добычи, полном или частичном приобретении перспективных зарубежных лицензионных участков, проектов и предприятий, занимаются вопросами качественного улучшения внешних поставок, обустройства месторождений и строительства объектов инфраструктуры. В совокупности это связано с притоком экспортной выручки, дополнительных нефтегазовых доходов бюджета и прибыли предприятий при условии устойчивости правовых режимов и достаточности собственной ресурсной базы. Предприятия могут образовывать консорциумы для реализации проектов и последующего сбыта продукции, проведения модернизации, сервисно-технологического обслуживания, ремонта производственных мощностей и трубопроводов.

Одна из задач ГР НГК состоит в сведении к минимуму расхождений прогнозных и фактических отраслевых показателей, связанных с ними рисков, принятии мер, направленных на повышение нефтеотдачи пластов. Объемы извлекаемых углеводородов могут находиться в пределах определенного коридора; это находит отражение в результирующих показателях деятельности, позволяет корректировать оптимальный уровень производства, потребления и экспорта, задействовать возможности роста связанных отраслей экономики, технологического развития и уникального географического расположения.

Разработка альтернативных сценариев развития требует гибкости структуры органов государственной власти, ответственных исполнителей, уточнения их функциональных обязанностей, изменений в составе совещательных и консультативных органов. В основу закладываются стратегические ориентиры результативности освоения месторождений, прагматичного распределения поступающих нефтегазовых доходов.

Принимаемые государственные решения, связанные с экономическим развитием НГК, разработкой и исполнением стратегических и программно-целевых документов, носят запланированный, а не спонтанный характер, направлены на повышение производительности труда в долгосрочной перспективе, устранение административных барьеров. Преобразования затрагивают множество энергетических предприятий в различных сегментах нефтегазового производства, учитывают международные обязательства. Проявление экономической активности на зарубежных рынках, в т.ч. в отношении поставок оборудования и сервисных услуг, содействует развитию отечественной промышленности, укреплению экономик стран и регионов добычи.

Технологическое лидерство России позволяет усилить собственные позиции и конкурентные преимущества на глобальном энергетическом рынке, участвовать в обустройстве зарубежных месторождений, строительстве объектов инфраструктуры, уделять особое внимание подготовке российских специалистов НГК. Содействие в разработке значимых международных проектов на уровне государства и предприятий предполагает возможность внесения вариантов по их развитию, формирование необходимых для осуществления экономических и технологических условий, создание комплексных решений по возобновлению работ на старых и истощенных месторождениях, модернизации объектов производственной инфраструктуры, совершенствование формы налогового регулирования ГР. Это содействует продвижению экономических интересов

российских компаний, устойчивому развитию и функционированию национального НГК и связанных отраслей [9].

Регулирующие меры по предоставлению нефтегазосервисных услуг, заключению новых контрактов связаны с увеличением внешнеторгового товарооборота. Фактически функционирование отраслей экономики направлено на удовлетворение потребительского спроса, в т.ч. благодаря контролю поставок в отдаленные районы национального рынка, развитие местных производств. Целеполагание, ориентированное на результат, несет в себе стратегические преимущества: комплексное развитие не предполагает ряд одномоментных мер, напротив, затрагивает долгосрочные торгово-экономические взаимодействия поставщиков и потребителей.

Своевременное выявление законодательных пробелов при анализе экономической ситуации позволяет обеспечить меры государственной поддержки, охватывающие различные сегменты производства как на этапе разработки проекта, так и при его реализации и последующем технологическом обслуживании. Устойчивость НГК заключается в долгосрочных перспективах принимаемых регулирующих решений, направленных на поступательное развитие с устранением всех деструктивных элементов, которые противоречат миссии реализации проектов, подрывают их функционирование; это способствует скорейшему достижению обозначенных ориентиров. Зарубежные страны комплексно развивают собственную инфраструктурную и институциональную платформы НГК, предусматривают меры преференциальной поддержки, предлагают эффективные инструменты регулирующей практики, технологические разработки и услуги. Изучение глобальной конъюнктуры направлено на создание благоприятных инвестиционных возможностей в различных сегментах НГК на внутреннем и внешних рынках, осуществляется с целью приобретения проектов и месторождений или долевого участия в них.

В большинстве стран-потребителей отечественных углеводородов НГК играет важную роль в развитии национальных экономик. С этой целью учитываются основные макроэкономические показатели, включая динамику социально-экономического развития и внешнеторгового товарооборота с Россией, структуру промышленного производства, политические факторы, разведанные запасы МСБ. В силу того, что ГР распространяется на все сегменты внутреннего рынка, целесообразно анализировать роль и функции, которые выполняют зарубежные энергетические корпорации для национальных экономик, их взаимодействия с правительством и местными органами власти, административное влияние на макроэкономические процессы, объемы экспортно-импортных операций и товарооборота в натуральном и денежном выражении. Это содействует совершенствованию ГР НГК, созданию предприятий с более эффективной структурой управления.

Формат взаимодействий между отечественными и зарубежными компаниями в нефтегазовой сфере выступает эффективным рычагом продвижения национальных внешнеэкономических интересов, позволяет выделить факторы, способные оказать значимое влияние в долгосрочной перспективе. Стратегическое сотрудничество с потребителями российских углеводородов возможно в результате предоставления им экономических преимуществ, определенных преференций, прагматизма условий контрактов, исключающих реэкспорт по более высоким ценам. Устойчивость структуры нефтегазового производства и экспорта связана в т.ч. с изучением потребления углеводородов в государствах-импортерах в разрезе регионов, провинций, промышленных центров и населения, акционерного капитала, менеджмента, особенностей управления и конечных бенефициаров нефтегазовых предприятий, программ развития, взаимодействий с органами власти, различными институтами и организациями, что позволяет оптимизировать государственные расходы [8].

ГР НГК предполагает контроль и ответственность, обоснование внутренней и внешней ценовой политики на рынках сбыта, проведение независимой оценки эффективности функционирования предприятий. Наиболее значимые вопросы глобальной энергетической повестки связаны со структурой мирового спроса и предложения, эскалацией военных конфликтов в различных регионах. Ужесточение условий контрактов и отсутствие преференций по отношению к отдельным странам, регионам или предприятиям возможно в результате проявления враждебных или деструктивных действий, например санкционной политики, одностороннего изменения или невыполнения взятых обязательств, заявлений, способных повлиять на конъюнктуру в НГК. В данном контексте органы государственной власти и нефтегазовый бизнес действуют сонаправленно, адекватно реагируя на изменение внешних факторов: значимыми инструментами воздействия выступают повышение цены на поставляемые углеводороды, скорость принятия нормативных ограничений и других правовых решений с выделением причин изменений.

Каждый последующий этап в устойчивом развитии НГК основан на платформе предыдущего. Следует в полной мере задействовать экономические возможности государств-транзитеров, обеспечивающих надежность поставок, участвовать в строительстве, модернизации технологической инфраструктуры, совершенствовании институциональных факторов, снятии административных ограничений, относительно равномерном распределении производственно-сбытовой сети с целью сокращения финансовых и других видов затрат. Государственный контроль за газификацией населенных пунктов и обеспечением населения углеводородной продукцией содействует развитию трубопроводной системы, удовлетворению потребительского спроса, увеличению поставок на внешние рынки, строительству производственных предприятий, их ускоренному выходу на проектную мощность.

ГР НГК направлено на создание условий для наращивания экспорта конечной продукции, расширения ассортимента поставок, контроль состояния инфраструктуры в энергетических проектах, технико-экономическое обоснование предприятий, разработку и внедрение предложений по их оптимальной загрузке. Отсутствие излишнего простаивания энергетических производств и объектов инфраструктуры также характеризует устойчивость функционирования НГК как единого отлаженного механизма, в полном объеме обеспечивающего потребности национальной экономики.

Структура органов ГР НГК, их функции и полномочия находятся в процессе постоянных преобразований. Следует отметить, что некоторые государства также копируют российскую управленческую модель, используют отдельные системные решения, формы и инструменты ГР, адаптированные к внутренним условиям, реализуют собственные проекты. Исполнение документов стратегического развития НГК возможно при прямой ответственности профильных ведомств за результаты проводимой политики, планомерном осуществлении регулирующих мер, информационно-консультационном обеспечении. Задачей региональной нефтегазовой политики также выступает укрепление энергетической безопасности государства.

Укрепление взаимодействий органов государственной власти и предприятий способствует внесению значимых вопросов в национальную энергетическую повестку, задействованию возможностей зарубежных институтов и объединений [19–21], совершенствованию нормативно-правовой базы, условий контрактов, реализации перспективных проектов и поступлению инвестиций. Экономические и административные преобразования в НГК затрагивают аспекты повышения эффективности, контроля и корректировки результатов, реструктурирования органов государственной власти в соответствии с происходящими изменениями, выполняемыми функциями и задачами.

## Выводы и рекомендации

Международные документы (конвенции, договоры, соглашения и др.), ратифицированные Россией, отражают государственную позицию по энергетическим вопросам. В рамках их реализации обычно функционируют рабочие и консультативные органы на постоянной основе; в резолюциях находят отражение стратегические и текущие цели и задачи, обеспечивающие качественные изменения ключевых показателей. Несколько предприятий могут быть одновременно задействованы при реализации одного крупного проекта, зачастую охватывающего полный производственный цикл; при этом не должно возникать конфликта интересов. Изменение объемов, удельного соотношения различных видов продукции в разрезе поставок по рынкам сбыта может потребовать принятия подзаконных актов, конкретизирующих отдельные положения ранее утвержденных НПА.

Неисполнение финансовых условий по заключенным экспортным контрактам может сопровождаться не только их разрывом, решениями в судебном или досудебном порядке, но и экономическими и политическими преференциями: покупкой нефтегазовых объектов и иных активов по льготным ценам, увеличением доли в конкретном проекте сообразно причиненному ущербу, ростом товарооборота в других сегментах экономики. Отсутствие заведомо деструктивных взаимодействий между субъектами экономической деятельности и прагматичные решения возникающих вопросов, которые находятся на постоянном мониторинге органов государственной власти, могут быть просчитаны за счет эффективного риск-менеджмента, снижения неопределенности политических и связанных с ними факторов, обращения непрогнозируемых ситуаций в колоссальные возможности внутреннего роста НГК; эффективность ГР определяется в т.ч. гибкостью, готовностью к подобным изменениям.

Роль и задачи, которые выполняет государство в глобальном энергетическом производстве, связанные, в частности,

с географическим расположением или выступлением в качестве транспортного связующего узла, могут различаться в зависимости от конъюнктуры или ситуации. Отдельные европейские страны с небольшим внутренним энергопотреблением выполняют исключительно транзитную функцию в рамках ключевых направлений нефтегазопроводов. Некоторые маршруты, в т.ч. в азиатские страны, проектируются в настоящее время, изучаются альтернативные способы поставок на существующие и новые рынки сбыта: танкеры, железнодорожное сообщение и др. Каждый нефтегазовый проект проходит экономическое и геологическое обоснование: соотношение затрат к доходам, глубина залегания продуктивных пластов, виды добываемого сырья и производимой продукции, требуемая степень переработки и др.

Реализация значимых проектов может сопровождаться жесткими политическими решениями, а уточнение маршрутов прокладки трубопроводов – быть обосновано экологическими факторами. В частности, сдвиг линии нефтепровода ВСТО на 40 км от береговой линии Байкала в 2007 г.; первоначальный проект предполагал прокладку по дну озера. Отсутствие подобных решений может приостановить осуществление или привести к срыву проектов. Во избежание нанесения экологического ущерба на предварительном этапе проектируются различные варианты прокладки маршрутов. Устойчивость функционирования НГК заключается также в отсутствии искусственной эскалации конфликтов по территориальному признаку. Принимаемые регулирующие меры в НГК напрямую влияют на макроэкономические показатели, следовательно, по возможности должны исключать излишнее государственное вмешательство во внутренние процессы функционирования предприятий, нивелировать внешнеполитические противоречия, что позволяет не допустить срыва нефтегазовых проектов с участием российских компаний [14]. ●

### Литература

1. Башмаков И.А. Углеродное регулирование в ЕС и российский сырьевой экспорт // И.А. Башмаков // Вопросы экономики. – 2022. – № 1. – С. 90–109.

2. Бушуев В.В. Евразийская энергетическая цивилизация. К вопросу об «энергии будущего» / В.В. Бушуев [и др.]. – М.: Энергия, 2017. – 208 с.
3. Глазьев С.Ю. Информационно-цифровая революция / С.Ю. Глазьев // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. – 2018. – № 1. – С. 70–83.
4. Головина М.С. Экономические аспекты региональной энергетической безопасности и экспортная стратегия России на рынке газа стран Европейского союза: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.14 / М.С. Головина. – М., 2015. – 248 с.
5. Дребенцов В.В. Перспективы поставок российского газа на внешние рынки / В.В. Дребенцов // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2015. – № 1. – С. 163–177.
6. Жизнин С.З. Энергетическая дипломатия России: экономика, политика, практика / С.З. Жизнин. – М.: Ист Брук, 2005. – 638 с.
7. Калюжный В.И. Глобальный ресурсный баланс / В.И. Калюжный, М.Н. Хохлова // Энергетическая политика. – 2018. – № 2. – С. 23–30.
8. Мартынов В.Г. Природный газ – основа устойчивого развития мировой энергетики / В.Г. Мартынов [и др.]. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2021. – 173 с.
9. Ресурсные регионы России в «новой реальности» / под ред. В.В. Кулешова. – Новосибирск: ИЗОПП СО РАН, 2017. – 308 с.
10. Салыгин В.И. «Газпром» на рынке Евросоюза: необходим баланс принципов конкуренции и энергетической безопасности / В.И. Салыгин, Н.Ю. Кавешников // Вестник МГИМО-Университета. – 2014. – № 4. – С. 45–53.
11. Сафонова Т.Ю. Исследование эндогенных и экзогенных факторов влияния на результаты прогнозирования развития нефтегазовой отрасли на фоне трансформации структуры топливно-энергетического баланса: дис. ... д-ра экон. наук: 5.2.3 / Т.Ю. Сафонова. – М., 2023. – 410 с.
12. Телегина Е.А. Перспективы энергетического сотрудничества ЕАЭС со странами Северо-Восточной Азии / Е.А. Телегина, Г.О. Халова // Мировая экономика и международные отношения. – 2017. – Т. 61. – № 4. – С. 50–59.
13. Ткачук С.П. Повышение эффективности экономической интеграции государств-участников ЕАЭС: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.14 / С.П. Ткачук. – М., 2020. – 185 с.
14. Трофимов С.Е. Совершенствование государственного регулирования нефтегазового комплекса России: проблемы теории и методологии / С.Е. Трофимов. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 337 с.
15. Хартуков Е.М. Глобальные проблемы нефтегазовой промышленности / Е.М. Хартуков // Энергетическая политика. – 2013. – № 6. – С. 22–37.
16. Эволюция мировых энергетических рынков и ее последствия для России / под ред. А.А. Макарова, Л.М. Григорьева, Т.А. Митровой. – М.: ИЭИ РАН, АЦ при Правительстве РФ. – 2015. – 400 с.
17. Энергетика Евразии: новые тенденции и перспективы / отв. ред. С.В. Жуков. – М.: ИМЭМО РАН, 2016. – 186 с.
18. Язев В. А. От региональных моделей – к общей системе энергетической безопасности Евразии / В.А. Язев // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2015. – № 7. – С. 4–6.
19. Bloomberg New Energy Finance [Electronic resource]. – Access mode: <https://about.bnef.com> (Address data: 17 March 2024).
20. IEA World Energy Outlook 2023 // IEA, 2023. – 354 p.
21. Platts [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.platts.com> (Address data: 20 Jan. 2024).

**KEYWORDS:** state regulation, oil and gas complex, industry, hydrocarbon resources, digital technologies, Eurasian Economic Union, economic integration, national security, energy sustainability.



# ВАРТЕЕС LTD

ПРЕЖНЕЕ НАЗВАНИЕ «BEIJING AEROSPACE PETROCHEMICAL TECHNOLOGY AND EQUIPMENT ENGINEERING CORPORATION LIMITED»



## Высокоскоростной центробежный насос со встроенным редуктором (API 610 OH6)



Вертикальный насос (OH6)



Цех



Испытательный стенд



Сервис на площадке Сибур

### Насосные агрегаты • Запасные части • Сервис

- ▶ **Расход** 1~360 м³/ч, напор: 80~3600 м
- ▶ **Мощность двигателя** 5,5~2000 кВт
- ▶ **Температура** -130~+340 °С
- ▶ **Область применения:** нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, химическая отрасли
- ▶ **Типичное применение:** этилен, пропилен, ПЭ, ПП, ТФК и др.
- ▶ **ISO Сертификаты:** ISO9001, ISO14001, OHSAS 18001  
EAC Сертификаты: TP TC 010/2011, TP TC 012/2011, TP TC 020/2011
- ▶ **Квалифицированный поставщик:** BASF, BP, CTCl, Daelim, Enter, Fluor, Foster Wheeler, GS, Hyundai, Saipem, Samsung, Tecnimont, Toyo
- ▶ **Насосы применялись** в процессах, лицензированных Invista, BP, Univation, Technip, UOP, Axens, Fluor, Siemens и Johnson Matthey
- ▶ **Конечные потребители в СНГ:** ООО «Амурский газохимический комплекс» (Сибур), Иркутская нефтяная компания, АО «ПОЛИЭФ» (Сибур), Руссоко и ПК ОП Шымкентский НПЗ

Штаб-квартира г. Пекин, Китай  
Контактное лицо: Лю Сяо  
Тел: +86-10-87094356, 87094328  
+8617319371970  
E-mail: liux@calt11.cn, burw@calt11.cn

Авторизованный дилер ООО «Юникс Инжиниринг»  
Тел/Факс: +7(495) 648-62-78  
E-mail: office@unix-eng.ru

[www.calt11.com](http://www.calt11.com)

# ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВАРОВ

## в многолетнемерзлых грунтах для размещения отходов бурения



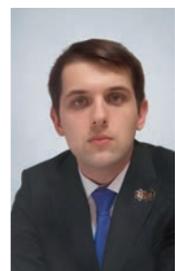
**Дрозд Александр Николаевич**  
генеральный директор ООО «СК РусВелдинг»



**Тимонов Евгений Григорьевич**  
генеральный директор ООО «Независимая Инжиниринговая Компания»



**Каверин Андрей Алексеевич**  
к.т.н., доцент кафедры проектирования систем обустройства месторождений углеводородов (на базе ООО «Инженерс Групп») РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина



**Корниенко Дмитрий Андреевич**  
студент, Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»

В НАСТОЯЩИЙ МОМЕНТ АКТУАЛИЗИРУЕТСЯ ВОПРОС ПОИСКА НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫХ И БЕЗОПАСНЫХ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ ОТХОДОВ. ОДНИМ ИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЯВЛЯЕТСЯ РАЗМЕЩЕНИЕ ОТХОДОВ В ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВАРАХ В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ (ММГ), ВОЗВЕДЕННЫХ МЕТОДОМ РАСТЕПЛЕНИЯ. ДАННЫЙ СПОСОБ ИМЕЕТ РЯД ПРЕИМУЩЕСТВ, ТАКИХ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПРОСТОТА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. ОДНАКО ВОПРОС ВЫБОРА КОМПЕТЕНТНОГО ПОДРЯДЧИКА, СПОСОБНОГО ЭФФЕКТИВНО ВЫПОЛНИТЬ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОСТАЕТСЯ ОТКРЫТЫМ. В РАМКАХ ДАННОЙ СТАТЬИ АВТОРАМИ ПРОВЕДЕН АНАЛИЗ ЗАДАЧ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ ПОДРЯДНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА РАЗМЕЩЕНИЯ БУРОВЫХ ОТХОДОВ В ПОДЗЕМНЫХ РЕЗЕРВАРАХ (ПР). СДЕЛАН ВЫВОД О НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАССМАТРИВАЕМОЙ ТЕХНОЛОГИИ

*AT THE MOMENT, THE ISSUE OF FINDING THE MOST EFFECTIVE AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY METHODS OF DISPOSAL OF DRILLING WASTE IS BEING UPDATED. ONE OF THE PROMISING SOLUTIONS IS RECYCLING, BY THE METHOD OF DUMPING WASTE IN UNDERGROUND RESERVOIRS IN PERMAFROST SOILS, ERECTED BY THE METHOD OF THAWING. THIS METHOD OF DISPOSAL HAS A NUMBER OF ADVANTAGES, SUCH AS ENVIRONMENTAL SAFETY, ECONOMIC EFFICIENCY AND SIMPLICITY OF THE LOGISTICS SYSTEM. HOWEVER, THE QUESTION OF CHOOSING A COMPETENT CONTRACTOR CAPABLE OF EFFECTIVELY COMPLETING THE STAGES OF DESIGN, CONSTRUCTION AND OPERATION REMAINS OPEN. WITHIN THE FRAMEWORK OF THIS ARTICLE, THE AUTHORS ANALYZED THE TASKS PERFORMED BY THE CONTRACTOR AT VARIOUS STAGES OF THE DRILLING WASTE DISPOSAL PROJECT. THE CONCLUSION IS MADE ABOUT THE MOST EFFECTIVE ORGANIZATION SYSTEM WHEN CHOOSING THE CONSIDERED RECYCLING TECHNOLOGY*

Ключевые слова: подземные хранилища, ММГ, утилизация буровых отходов, резервуары буровых отходов, подземные резервуары в ММГ.

Строительство скважин, будь то скважины для поиска и оценки месторождений углеводородов или добывающие скважины, оказывает воздействие на окружающую среду. К отходам, образующимся в процессе бурения, можно отнести буровой шлам, сточные воды, а также буровые растворы [1]. Согласно нормативно-правовым актам Росприроднадзора, буровые отходы можно отнести к отходам III–IV класса опасности [2]. Выбор эффективного и безопасного способа утилизации буровых отходов зависит от их физико-химического состава

и определяется не только ингредиентами изначального бурового раствора, используемого при бурении скважины, но и типом горных пород, через которые проходит скважина. К примеру, согласно СТО, Газпромом применяется следующая классификация буровых отходов по классу опасности [3]:

- Отходы бурения, полученные при использовании пресных буровых растворов на водной основе, не содержащих химических реагентов – V класс;
- Отходы бурения, полученные при использовании пресных

УДК 621.796

РИСУНОК 1. Карта распространения многолетнемерзлых грунтов на территории Российской Федерации



буровых растворов на водной основе, содержащих химические реагенты – IV класс;

- Отходы бурения, полученные при использовании нефтесодержащих эмульсионных буровых растворов, содержащие эмульгированную нефть в количестве 10% и более – III класс;
- Отходы бурения, полученные при использовании минерализованных буровых растворов на водной основе – IV класс;
- Отходы бурения, полученные при использовании буровых растворов на нефтяной основе – III класс;
- Отходы крепления скважин – V класс;
- Грунт, образовавшийся при проведении землеройных работ, не загрязненный опасными веществами – V класс.

Различие классов опасности отходов бурения при разработке конкретного месторождения или куста скважин приводит к появлению дополнительных издержек, направленных на снижение класса опасности и утилизацию отходов. Невозможность применения единого способа переработки, подходящего для всех типов отходов, появляющихся на этапе

разработки месторождения, ставит перед нефтегазодобывающими компаниями задачи по поиску наиболее оптимального метода утилизации отходов.

На сегодняшний момент более половины буровых работ проводится в экологически уязвимых районах, где природно-климатические и почвенно-ландшафтные условия крайне неблагоприятны. В таких районах способность окружающей среды к самовосстановлению ограничена, а защитные функции слабы [4–6]. В условиях Крайнего Севера одним из наиболее оптимальных способов, позволяющих утилизировать все типы буровых отходов, является размещение отходов бурения в мерзлых песчаных грунтах. До 65% территории Российской Федерации занимает

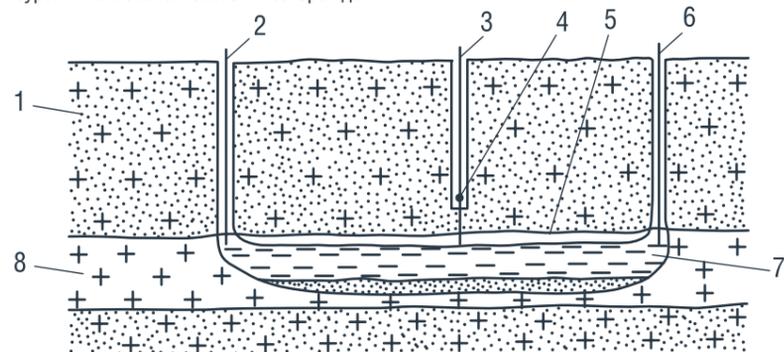
территория распространения многолетнемерзлых пород, что подчеркивает актуальность рассматриваемого метода (рис. 1) [7].

К преимуществам данной технологии перед остальными методами утилизации отходов бурения (термическими, химическими, физико-механическими, биологическими) можно отнести [8]:

- Экологическую безопасность – отходы локализируются в пределах хранилища благодаря низкой проницаемости многолетнемерзлых грунтов (ММГ) (со временем



РИСУНОК 2. Принципиальная схема подземного резервуара для захоронения отходов бурения на Бованенковском месторождении



1 – ММГ, 2 – нагнетательная скважина, 3 – контрольная скважина, 4 – термометрическое оборудование, 5 – свод резервуара, 6 – эксплуатационная скважина, 7 – подземный резервуар, 8 – интервал сплошной льдистости

кристаллизуются под действием низких температур);

- Экономическую эффективность – стоимость сооружения и эксплуатации подземных резервуаров значительно ниже по сравнению с другими способами утилизации;
- Эффективность логистической системы – возможность строительства хранилища непосредственно на территории месторождения.

Цикл размещения отходов в ММГ представляет из себя создание подземного хранилища в мерзлых породах путем нагнетания теплоносителя (пара, воды) и последующую закачку буровых отходов в образовавшийся резервуар. Буровые отходы, находящиеся в резервуаре, постепенно кристаллизуются благодаря теплообмену с ММГ.

Рассматриваемая технология не нова, еще в 80-е годы в Советском Союзе данную технологию опробовали на Бованенковском месторождении [9]. Исследовательские скважины, находящиеся рядом с кустом, были использованы как нагнетательные и добывающие. С помощью нагнетательных скважин к интервалу строительства будущего резервуара подавался пар, после чего проводилась откачка образовавшихся в процессе растепления сточных вод из добывающих скважин. По завершении процесса строительства резервуар постепенно заполнялся. Скорость заполнения резервуара буровыми отходами подбиралась таким

образом, чтобы предотвратить дальнейшее оттаивание ММГ. На рисунке 2 представлена принципиальная схема резервуара, описанного ранее.

В настоящий момент благодаря цифровизации процесса инженерных изысканий, появилась возможность создавать компьютерные модели подземных резервуаров, что, в свою очередь, позволило учитывать широкий диапазон исходных данных, полученных для проектирования конкретного объекта. Компьютерные модели также позволили проводить точное прогнозирование процессов, возникающих внутри резервуаров с течением времени. Таким образом, еще на этапе подготовки проектной документации недропользователь, использующий рассматриваемую технологию, осведомлен о периоде кристаллизации отходов бурения, а следовательно, может более эффективно выполнять бизнес-планирование.

Изменения претерпела как технология, так и сама конструкция резервуара. В наше время процесс строительства резервуара осуществляется непрерывно и с помощью единственной скважины. Пар или вода подается к растепляемому интервалу по водопроводу (или паропроводу). В процессе растепления образуется песок, который оседает на забое скважины. Для очистки забоя от образующегося песка с забоя подается вода с целью создания песчаной взвеси, после чего с помощью эрлифта осуществляется подъем на поверхность. На рисунке 3 представлена описанная

выше технологическая схема строительства подземного резервуара в ММГ.

При детальном рассмотрении данный метод размещения отходов бурения является нетривиальной задачей, для решения которой необходимо проведение следующих работ:

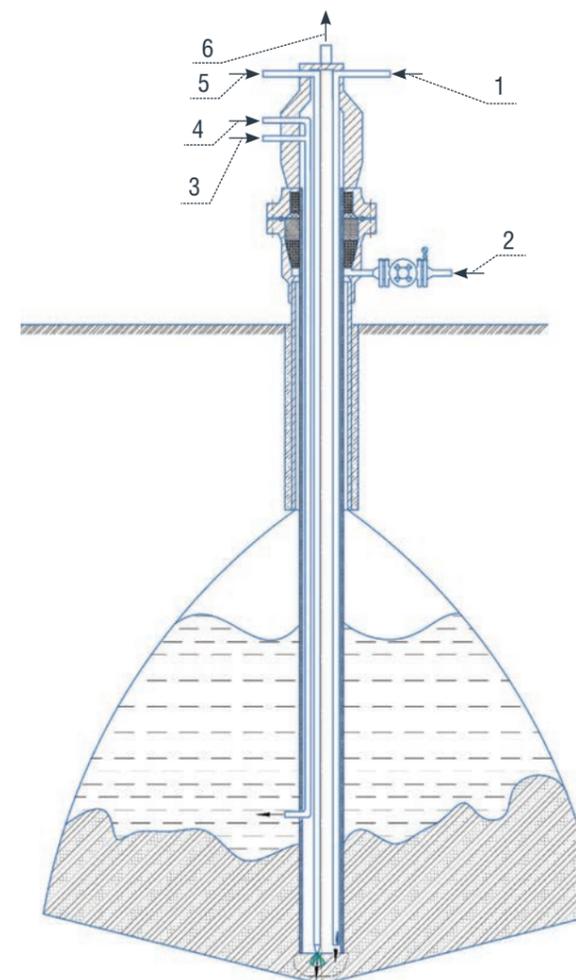
- инженерно-геологические изыскания на территории проектируемого резервуара;
- моделирование резервуаров и технологических процессов утилизации буровых отходов;
- строительство подземных хранилищ;
- приготовление пульпы (подготовленные для закачки отходы бурения) и заполнение резервуара;
- мониторинг процесса кристаллизации буровых отходов.

Многогранность и сложность разработки процесса размещения буровых отходов вышеописанным методом, а также устойчивая тенденция роста заинтересованности со стороны нефтегазодобывающих обществ в применении данной технологии привели к образованию специализированных операторов.

Сегодня в Российской Федерации на основании закона ФЗ «Об отходах производства и потребления» [10] владелец лицензии на недропользование обладает правом собственности на буровые отходы. Таким образом, сервисная компания, занимающаяся бурением скважин и использующая буровой раствор, юридически не имеет отношения к процессу утилизации буровых отходов. В свою очередь, для утилизации буровых отходов недропользователь заключает договор с подрядной организацией, обладающей лицензией на сбор, транспортировку, обработку, утилизацию, обезвреживание, размещение отходов.

В целом в Российской Федерации компании, занимающиеся утилизацией отходов, можно подразделить на региональных операторов по обращению с отходами и специализированных операторов. Основопологающим отличием региональных от специализированных операторов является спектр предоставляемых услуг. Региональный

РИСУНОК 3. Технологическая схема строительства подземного резервуара в ММГ



1 – воздухопровод с компрессорной станции для работы эрлифта  
2 – воздухопровод для регулировки давления в затрубном пространстве  
3 – водопровод, подающий горячую воду с целью растепления  
4 – паропровод, подающий пар с целью растепления  
5 – водопровод, подающий воду с целью образования песчаной взвеси на забое скважины  
6 – трубопровод для дальнейшей транспортировки взвеси, поднимаемой эрлифтом

оператор обеспечивает сбор, транспортирование, обработку, утилизацию, обезвреживание, захоронение твердых коммунальных отходов на территории субъекта РФ в соответствии с региональной программой в области обращения с отходами и территориальной схемой обращения с отходами. Одной из проблем такого комплексного подхода к переработке отходов являются логистические издержки, вызванные образованием децентрализованных частей предприятия (практикующих различные способы утилизации в отдельных муниципальных образованиях региона) либо единого центра утилизации (находящегося на отдалении от промышленных центров региона). Логистические издержки приводят к увеличению итоговой стоимости утилизации отходов для недропользователя.

В том числе необходимо обратить внимание, что несмотря на существующую лицензию,

унифицирующую типы отходов по классу опасности, утилизация буровых отходов требует применения специализированных решений по очистке и подготовке буровых отходов к закачке, а также мониторингу ее технологических параметров в процессе кристаллизации (который может занимать от 5 до 15 лет).

Исходя из вышесказанного, авторы статьи считают, что для максимизации эффективности и снижения итоговой стоимости процесса размещения буровых отходов рассматриваемым методом предпочтительно обращаться к специализированным операторам, которые обладают опытом в решении описанных ранее задач. ●

**Литература**

1. Пути совершенствования системы производственного и природоохранного контроля при разработке и эксплуатации нефтегазовых месторождений морского шельфа / Н.Р. Рахматуллин, Р.А. Сулейманов, Т.К. Валеев // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 98-7.

2. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 (ред. от 18.01.2024) «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» // Собрание законодательства Российской Федерации. – с изм. и допол. в ред. от 25.12.2023.

3. СТО 2-1.19-581-2011. Документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ОАО «Газпром». М.: Газпром Экспо, 2012.

4. На страже экологической безопасности / Р.И. Шафигуллин, Р.Ф. Сагатов, А.И. Аслямов [и др.] // Бурение и нефть. – 2023. – № 7-8. – С. 34-36.

5. Анализ показателей функционирования Группы ПАО «Газпром» в контексте воздействия на экологическую систему арктической зоны России / Д.Г. Бракк, Ю.Г. Лещенко // Развитие и безопасность. – 2023. – № 1(17). – С. 59-73.

6. Применение технологии утилизации буровых отходов с получением строительного материала на примере месторождения Западной Сибири / Е.В. Гаевая, С.С. Тарасова, В.А. Солонина // Экология и промышленность России. – 2023. – Т. 27, № 4. – С. 34-39.

7. СНиП 115.13330.2016. Геофизика опасных природных воздействий / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Взамен СНиП 22-01-95\*: введен 01.01.2016 – Москва: Стандартинформ, 2016 – 36с.

8. Захоронение отходов бурения в подземных резервуарах в многолетнемерзлых породах / С.Д. Сурин, О.И. Савич, Ю.Л. Филимонов // Научный журнал Российского газового общества. – 2020. – № 2 (25). – С. 36-47.

9. Патент СССР 1620391. Способ эксплуатации подземного резервуара в вечномёрзлых породах / В.Ф. Буслав, А.С. Умняхин, П.И. Яковлев, А.А. Иовлев, Заявл. 03.10.1988. Опубл. 15.01.1991.

10. Закон Российской Федерации «Об отходах производства и потребления» от 24 июня 1998 года № 89-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – с изм. и допол. в ред. от 25.12.2023.

11. Анализ геоэкологического мониторинга грунтовых вод при эксплуатации шламового амбара / Е.В. Гаевая // Вестник евразийской науки. – 2024. – Т. 16, № 1.

12. Прогнозирование и ликвидация загрязнений в экосистемах, сформированных выведенными из эксплуатации шламонакопителями / К.Л. Чертес, А.А. Букин, Н.С. Бухман [и др.] // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18, № 7. – С. 1089-1103.

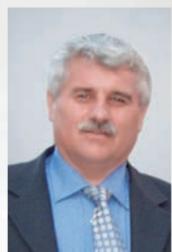
13. Перспективы развития технологий утилизации буровых отходов в нефтегазодобывающем комплексе / Н.Б. Пыстина, А.В. Баранов, Б.О. Будников [и др.] // Научно-технический сборник Вести газовой науки. – 2017. – № 5 (33). – С. 61-67.

14. Использование подземных резервуаров в многолетнемерзлых породах для размещения отходов бурения при строительстве газовых скважин в Арктической зоне РФ на примере Харасавэйского месторождения / С.Н. Меньшиков, И.В. Мельников, Ю.В. Малахова, О.М. Ермилов // Газовая промышленность. – 2020. – № 7 (803). – С. 122-128.

15. Совершенствование системы управления отходами бурения при строительстве скважин на суше / Е.И. Компасенко, О.Р. Кадыров, Е.А. Мазлова, О.С. Остах // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2023. – № 1(310). – С. 33-41.

**KEYWORDS:** *underground storages, permafrost soils, drilling waste disposal, drilling waste reservoirs, underground reservoirs in permafrost soils.*

# АНАЛИЗ МОДУЛЕЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ МАГНИТНЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ



**Коваленко Александр Николаевич**  
профессор кафедры проектирования и эксплуатации газонефтепроводов, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, д.т.н., профессор



**Матвеева Юлия Сергеевна**  
Национальный университет, г. Хаген, студент



**Шестаков Роман Алексеевич**  
доцент кафедры нефтепродуктообеспечения и газоснабжения, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, к.т.н., доцент

СОВРЕМЕННЫЕ ГАЗОТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ РАЗВЕТВЛЕННЫЕ ТРУБОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ БОЛЬШОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ, ЧАСТЬ КОТОРЫХ ЭКСПЛУАТИРУЕТСЯ УЖЕ НЕ ОДИН ДЕСЯТОК ЛЕТ. В СВЯЗИ С ЭТИМ ВОЗНИКАЕТ НЕОБХОДИМОСТЬ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ, ДЛЯ ЧЕГО В ОСНОВНОМ ПРИМЕНЯЕТСЯ ВНУТРИТРУБНАЯ ДИАГНОСТИКА. ОДНАКО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОЛУЧАЕМЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ НЕОБХОДИМО ПОДДЕРЖИВАТЬ СКОРОСТЬ, НЕ ПРЕВЫШАЮЩУЮ ОПРЕДЕЛЕННОГО ПОРОГА, ЧТО ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ НЕТРИВИАЛЬНУЮ ЗАДАЧУ С УЧЕТОМ ВОЗРАСТАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА ПРИРОДНОГО ГАЗА ПО ДЛИНЕ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА. В РАБОТЕ РАССМОТРЕНА ПРОБЛЕМА ВЫБОРА МОДУЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАГНИТНЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ. ПРЕДСТАВЛЕНЫ РАЗЛИЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ ГАЗОПРОВОДОВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИИ. РАЗРАБОТАН АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ДЕФЕКТОСКОПА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО КОНСТРУКЦИИ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА. В ХОДЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БЫЛА ПРОВЕДЕНА ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОПУСТИМОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ

MODERN GAS TRANSPORTATION SYSTEMS ARE EXTENSIVE LONG-RANGE PIPELINE SYSTEMS, SOME OF WHICH HAVE BEEN IN OPERATION FOR DECADES. IN THIS REGARD, THERE IS A NEED TO MONITOR THE CONDITION OF THE MAIN GAS PIPELINES, FOR WHICH IN-LINE DIAGNOSTICS IS MAINLY USED. HOWEVER, IN ORDER TO ENSURE THE RELIABILITY OF THE DIAGNOSTIC DATA OBTAINED, IT IS NECESSARY TO MAINTAIN A SPEED NOT EXCEEDING A CERTAIN THRESHOLD, WHICH IS A NON-TRIVIAL TASK, TAKING INTO ACCOUNT THE INCREASING SPEED OF NATURAL GAS FLOW ALONG THE LENGTH OF THE MAIN GAS PIPELINE. THE PAPER CONSIDERS THE PROBLEM OF CHOOSING A MODULE FOR REGULATING THE SPEED OF MAGNETIC PIPELINE INSPECTION GAUGE FOR MONITORING MAIN GAS PIPELINES. VARIOUS DEFECTS OF GAS PIPELINES AND THEIR CLASSIFICATIONS ARE PRESENTED. AN ALGORITHM HAS BEEN DEVELOPED FOR CALCULATING THE SPEED OF THE PIPELINE INSPECTION GAUGE DEPENDING ON ITS DESIGN AND THE SPEED OF NATURAL GAS. DURING THE NUMERICAL SIMULATION, AN ASSESSMENT WAS MADE OF THE POSSIBILITY OF ENSURING THE PERMISSIBLE SPEED OF MOVEMENT OF VARIOUS PIPELINE INSPECTION GAUGES

Ключевые слова: магнитный дефектоскоп, дефект, байпас, газопровод, скорость, давление, устройство регулирования скорости, СОД.

УДК 620.179.1

Уровень развития топливно-энергетического комплекса является важнейшим показателем развития каждой страны. Нехватка естественных природных ресурсов все более активно сподвигает ученых всего мира разрабатывать новые альтернативные источники энергии. Однако в силу сложившихся обстоятельств на нынешнем этапе сомнительно, что в ближайшее десятилетие обнаружится какая-нибудь замена уже существующих видов топлива. Нефть, газ, уголь и атомная энергетика будут еще долго удерживать звание основных источников получения энергии. Россия по праву считается одним из лидеров по разработкам, добыче и поставкам природного газа на мировой рынок. Природа щедро наградила ее этим видом сырья. Разработано и освоено около двухсот месторождений по добыче природного газа и газового конденсата. Основной пик открытий месторождений пришелся на конец 1960 – начало 1980 гг. прошлого столетия. Но основные месторождения находятся довольно далеко от потребителя. Для того, чтобы доставить газ потребителю используется система трубопроводов, которая состоит из отдельных труб, сваренных в одну нитку [1]. В процессе эксплуатации трубы постепенно деградируют, что приводит к образованию различных дефектов вплоть до сквозных отверстий и утечек [2–4]. На рис. 1 приведены основные виды дефектов газопроводов, а в табл. 1 приведена обобщенная классификация типов дефектов трубопроводов.

РИСУНОК 1. Основные виды дефектов газопроводов



## Классификация дефектов типа потери металла по размерам

Возможности систем внутритрубного неразрушающего контроля обнаруживать, идентифицировать и измерять дефекты потери металла в значительной степени зависят от их линейных размеров. Классификация коррозионных дефектов трубопроводов по линейным размерам приводится на рис. 2. В таблице 2 даны граничные линейные размеры рассматриваемых классов.

Дефекты потери металла могут располагаться на внутренней или наружной поверхности трубы. Разделение дефектов потери металла снарядами-дефектоскопами на внутренний и наружный должно осуществляться согласно условию  $POI > 90\%$  (Probability of Identification, вероятность идентификации).

Геометрический параметр А связан с толщиной стенки:

$$A = \begin{cases} 10, & t < 10; \\ t, & t \geq 10, \end{cases}$$

где  $t$  – толщина стенки трубопровода, мм.

С целью предотвращения аварий необходимо систематически проводить осмотр и контроль целостности трубопровода без его раскопок и разрушения, для чего необходимо выбрать один из девяти нормативных методов неразрушающего контроля [5]. Одним из самых распространенных

ТАБЛИЦА 1. Обобщенная классификация типов дефектов трубопровода

Коррозионные дефекты		
Общая коррозия	Каверны	Язвы
Колония трещин (водородное охрупчивание)	Внутренняя стресс-коррозия	
Дефекты проката		
Расслоение	Плена	
Механические повреждения		
Задир		
Дефект геометрии		
Вмятина		

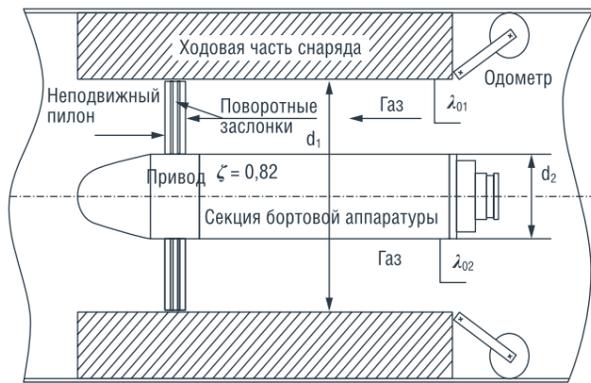
РИСУНОК 2. Классификация коррозионных дефектов



ТАБЛИЦА 2. Классификация коррозионных дефектов по размерам

Тип потери металла	Границы для классификации дефектов по линейным размерам
Общая коррозия	$\{[W > 3 \cdot A] \cap [L > 3 \cdot A]\}$
Каверна	$\{([A < W < 6 \cdot A] \cap [A < L < 6 \cdot A] \cap [0,5 < L/W < 2]) \cap \neg([W > 3 \cdot A] \cap [L > 3 \cdot A])\}$
Продольная канавка	$\{[0 < W < 3 \cdot A] \cap [L/W > 2] \cap [L \cdot W > 0,5 \cdot A^2]\}$
Поперечная канавка	$\{[L/W < 0,5] \cap [0 < L < 3 \cdot A] \cap [L \cdot W > 0,5 \cdot A^2]\}$
Язва	$\{[0 < W < A] \cap [0 < L < A] \cap [L \cdot W > 0,5 \cdot A^2]\}$

РИСУНОК 3. Схематичное изображение устройства



и часто используемых методов контроля, применяемых для мониторинга газопроводов, является магнитный метод контроля [6]. Для получения приемлемых результатов внутритрубной магнитной дефектоскопии необходимо создать в зоне контроля определенные условия, а именно:

- линейность ферромагнитной среды [7–19];
- независимость от мешающих факторов [20].

Скорость движения газа по трубопроводу колеблется от 4–5 м/с в начале трубопровода и до 12–15 м/с в конце трубопровода. Исходя из размеров минимально выявляемых дефектов и обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации трубопровода, скорость контроля должна быть в пределах от 0,1 до 2 м/с, в зависимости от толщины стенки трубопровода [20, 21]. При этом эксплуатирующие организации требуют не нарушать режима перекачки природного газа по трубопроводу (т.е. сохранять постоянство расхода природного газа) при проведении внутритрубной диагностики. Тогда единственным выходом из положения является использование модуля регулирования скорости движения дефектоскопа (байпаса). Остановимся на проблеме выбора модуля регулирования скорости дефектоскопа.

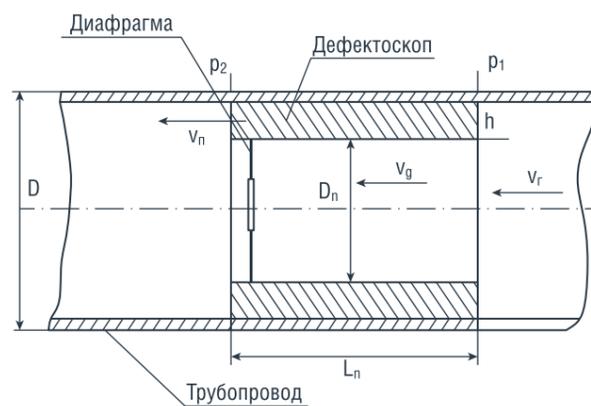
Большинство устройств регулирования скорости дефектоскопа (далее устройство) имеют вид (рис. 3). Эти устройства сводятся к следующей расчетной схеме (рис. 4.)

Диаметр приведенного проходного сечения устройства регулирования скорости определяется по формуле (1).

$$D_n = \sqrt{d_1^2 - d_2^2}, \quad (1)$$

где  $d_1$  – внутренний диаметр байпаса дефектоскопа (рис. 3), м;

РИСУНОК 4. Расчетная схема устройства



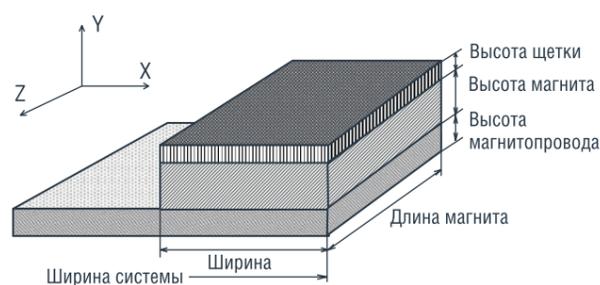
$d_2$  – наружный диаметр секции бортовой аппаратуры дефектоскопа (рис. 3), м.

Для определения внутреннего диаметра байпасного устройства необходимо рассчитать высоту ходовой части (рис. 5) согласно формуле (2).

$$h = h_{щ} + h_m + h_{м/п} + h_{ар}, \quad (2)$$

где  $h_{щ}$  – высота щетки, м;  $h_m$  – высота магнита, м;  $h_{м/п}$  – высота магнитопровода, м;  $h_{ар}$  – высота арматуры, м.

РИСУНОК 5. Схема типовой ходовой части устройства



Приведенный коэффициент гидравлического сопротивления в байпасных устройствах магнитных дефектоскопов определяется согласно формуле (3).

$$\lambda_0 = \lambda_{01} + \lambda_{02}, \quad (3)$$

где  $\lambda_{01}$ ,  $\lambda_{02}$  – коэффициенты гидравлического сопротивления внутренней поверхности ходовой части дефектоскопа и поверхности секции бортовой аппаратуры соответственно, определяемые согласно [1], также могут определяться согласно [22].

Тогда алгоритм расчета диаметра перепускного отверстия поршня-дефектоскопа (рис. 3) будет иметь следующий вид.

Условие равномерного движения в газопроводе поршня-дефектоскопа с фиксированной скоростью:

$$\phi_T = k \cdot G = \Delta P \cdot (F - S(x)), \quad (4)$$

где  $x$  – расстояние по ходу движения поршня в газопроводе, м;

$S(x)$  – площадь перепускного отверстия в поршне, м<sup>2</sup>;  
 $F$  – площадь поперечного сечения трубопровода, м<sup>2</sup>;  
 $\Delta P$  – потери давления в перепускном отверстии дефектоскопа, Па;  
 $\phi_T$  – сила трения, Н;  
 $k$  – коэффициент трения;  
 $G$  – вес поршня, Н.

Потери давления при прохождении потока газа через поршень-дефектоскоп складываются из потерь при внезапном сужении потока газа на входе в перепускное отверстие, потерь по длине поршня-дефектоскопа и потерь давления при внезапном расширении на выходе из перепускного отверстия поршня-дефектоскопа:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \sum_{i=1}^3 \zeta_i \cdot \frac{\rho(x) \cdot \tilde{v}_q^2(x)}{2} + \lambda_0 \cdot \frac{L_n}{D_n} \cdot \frac{\rho(x) \cdot \tilde{v}_q^2(x)}{2}, \quad (5)$$

где  $L_n$  – длина поршня, м;  
 $D_n$  – диаметр отверстия в поршне, м;  
 $\zeta_i$  – коэффициент местных сопротивлений;  
 $\rho(x)$  – плотность природного газа в сечении  $x$ , кг/м<sup>3</sup>;  
 $P_1$  – давление природного газа перед дефектоскопом, Па;  
 $P_2$  – давление природного газа после дефектоскопа, Па;  
 $\tilde{v}_q(x)$  – скорость газа относительно поршня, м/с.

Суммарный коэффициент местных сопротивлений на участке трубопровода равен сумме всех местных коэффициентов на этом участке:

1. Коэффициент сопротивления при внезапном сужении представляет собой функцию от отношения диаметров до и после сужения [23] и определяется согласно таблице 3 или формуле (6).

$$\zeta_1 = \varphi \left( \frac{S(x)}{F} \right) = -0,17 \cdot \left[ \frac{S(x)}{F} \right]^2 - 0,3113 \cdot \left[ \frac{S(x)}{F} \right] + 0,4973, \quad (6)$$

где  $S(x)$  – площадь поперечного сечения после сужения, м<sup>2</sup>;  
 $F$  – площадь поперечного сечения до сужения – площадь внутреннего сечения газопровода, м<sup>2</sup>.

2. Коэффициент сопротивления при внезапном расширении рассчитывается по уравнению (7) вида:

$$\zeta_2 = \left( 1 - \frac{S(x)}{F} \right)^2. \quad (7)$$

ТАБЛИЦА 3. Величина коэффициента местного сопротивления при резком сужении

	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	0,5	0,47	0,42	0,38	0,34	0,30	0,25	0,20	0,15	0,09	0

3. Коэффициент местного сопротивления диафрагмы рассчитывается по уравнению (8) вида:

$$\zeta_3 = \left( \frac{F}{S(x)} + 0,707 \cdot \sqrt{1 - \frac{F}{S(x)}} \right)^2. \quad (8)$$

Суммарные потери давления при прохождении потока газа через перепускное устройство дефектоскопа имеет вид (9):

$$\Delta P = \left[ \varphi \left( \frac{S(x)}{F} \right) + \left( 1 - \frac{S(x)}{F} \right)^2 + \left( \frac{F}{S(x)} + 0,707 \cdot \sqrt{1 - \frac{F}{S(x)}} \right)^2 + \lambda_0 \cdot \frac{L_n}{D_n(x)} \right] \cdot \frac{\rho(x) \cdot \tilde{v}_q^2(x)}{2}. \quad (9)$$

Для решения системы уравнений (4) и (5) необходимо знать скорость движения газа относительно поршня. Эта скорость определяется из уравнения сохранения массы:

$$\rho_n \cdot v_n \cdot F = (\tilde{v}_q(x) + v_n) \cdot \rho(x) \cdot S(x), \quad (10)$$

где  $v_n$  – скорость движения дефектоскопа, м/с;

$v_n$  – скорость природного газа в начальном сечении газопровода, м/с;

$\rho_n$  – плотность природного газа в начальном сечении газопровода, кг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, зная распределение по длине участка газопровода плотности газа (на основании теплогидравлического расчета газопровода), а также значение скорости газа в начальном сечении, можно определить из уравнений (4) и (5) изменение площади перепускного отверстия  $S(x)$  по длине участка при фиксированных значениях веса дефектоскопа ( $G$ ), его скорости ( $v_n$ ) и коэффициента трения манжет дефектоскопа о стенку магистрального газопровода ( $k = 0,8$ ).

Поскольку явным образом зависимость диаметра перепускного сечения от расстояния и, следовательно, скорости движения природного газа из представленных соотношений получить не представляется возможным, необходимо построить итерационную процедуру, принимая во внимание, что по ходу движения дефектоскопа изменяются параметры потока – скорость, плотность и давление, распределение которых представлено на рис. 6–8.

Рассчитаем скорость движения дефектоскопов различных фирм для магистрального газопровода диаметром 1420 мм в диапазоне скорости движения природного газа до 10 м/с, а предельно допустимым значением скорости движения дефектоскопа, необходимой для получения качественных диагностических данных, примем 2 м/с. Результаты численного моделирования и оценки возможности обеспечения заданной скорости движения дефектоскопа представлены в таблице 4.

ТАБЛИЦА 4. Оценка эффективности устройств регулирования скорости при резком сужении

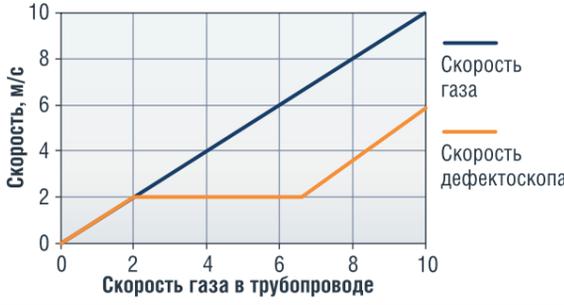
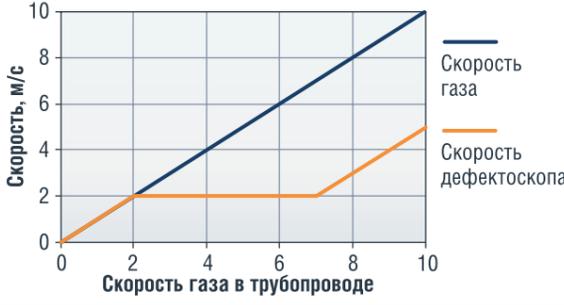
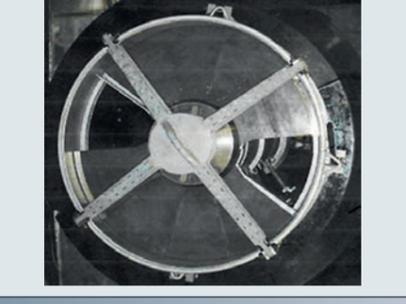
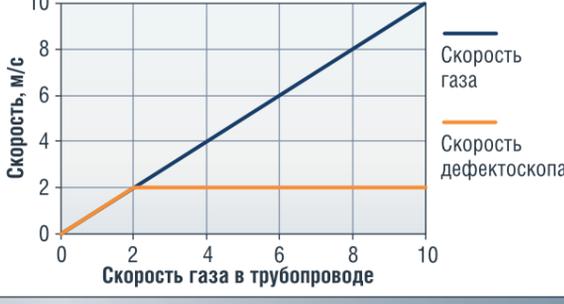
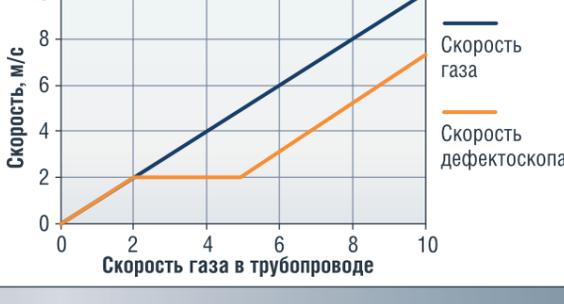
<p>фирма СНГ</p> 	<p><math>v_r = 6,3</math> мс</p> 
<p>Фирма РОЗЕН</p> 	<p><math>v_r = 7</math> мс</p> 
<p>Фирма АВТОГАЗ</p> 	<p><math>v_r = 12</math> мс</p> 
<p>Фирма Inline Services Inc</p> 	<p><math>v_r = 5,1</math> мс</p> 
<p>Фирма АВТОГАЗ (магнитный очистной поршень)</p> 	<p><math>v_r = 6,3</math> мс</p> 

РИСУНОК 6. Изменение давления потока по ходу движения



РИСУНОК 7. Изменение плотности потока по ходу движения

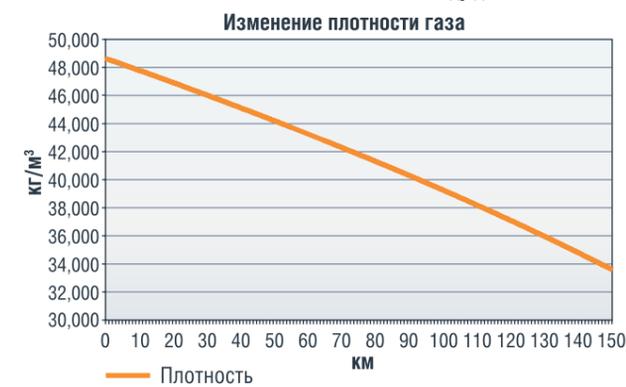


РИСУНОК 8. Изменение скорости потока по ходу движения



### Выводы

Из результатов численного моделирования следует, что не все рассмотренные дефектоскопы, а именно установленные на них устройства регулирования скорости движения дефектоскопов на всей протяженности диагностируемого участка магистрального газопровода для получения достоверных диагностических данных, а следовательно, обеспечить его дальнейшую безопасную эксплуатацию.

Отдельно стоит отметить, что ухудшение достоверности полученных диагностических данных будет происходить ближе к концу диагностируемого участка магистрального газопровода.

Для увеличения диапазона регулирования скорости движения дефектоскопа при его пропуске по участку магистрального газопровода необходимо:

- увеличивать площадь пропускного сечения байпаса устройства регулирования скорости движения дефектоскопа;
- увеличивать силу трения дефектоскопа о стенку магистрального газопровода [24].
- комбинировать вышеперечисленные способы. ●

### Литература

1. СТО Газпром 2-3.5-051-2006. Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов. – М.: ОАО «Газпром», 2006. – 205 с.
2. Земенкова М.Ю. Методы снижения технологических и экологических рисков при транспорте и хранении углеводородов. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. – 397 с.
3. Fetisov V.G., Nikolaev A.K., Lykov Y.V. Experimental Studies for Determining Gas Flow Rate Accidental Release on Linear Part of Pipeline // Innovations and Prospects

of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering – Transportation of Mineral Resources, Saint-Petersburg, 23–24 марта 2017 года. – Saint-Petersburg, 2017. – P. 062003. – DOI 10.1088/1755-1315/87/6/062003.

4. Исследование особенностей КРН магистральных газопроводов большого диаметра / В.А. Середенко, В.Л. Онацкий, В.Н. Толкачев, Р.В. Агиней // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2016. – № 5 (57). – С. 12–16.
5. ГОСТ Р 56542–2019. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – М.: Стандартинформ, 2019. – 12 с.
6. Шубочкин А.Е. Развитие методов и средств вихревого и магнитного контроля металлопродукта для оценки его остаточного ресурса: специальность 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – Москва, 2014. – 38 с.
7. Зацепин Н.Н., Щербинин В.Е. К расчету магнитоэлектрического поля поверхностных дефектов. Топографии полей моделей дефектов // Дефектоскопия. – 1966. – № 5. – С. 50–59.
8. Щербинин В.Е., Пашагин А.И. О поляризации трещины при неоднородном намагничивании изделия // Дефектоскопия. – 1974. – № 3. – С. 17–23.
9. Щербинин В.Е., Пашагин А.И. Об объемной поляризации трещины // Дефектоскопия. – 1974. – № 4. – С. 106–110.
10. Новикова И.Л., Мирошин И.В. Исследование полей искусственных открытых дефектов в однородном постоянном магнитном поле // Дефектоскопия. – 1973. – № 4. – С. 95–101.
11. Щербинин В.Е., Зацепин Н.Н. Магнитное поле дефекта при малой остаточной намагниченности изделия // Труды ИФМ АН СССР. – 1965. – Вып. 24. – С. 83.
12. Фёрстер Ф. Неразрушающий контроль методом магнитных полей рассеяния. Теоретические и экспериментальные основы выявления поверхностных дефектов конечной и бесконечной глубины // Дефектоскопия. – 1982. – № 11. – С. 3–25.
13. Forster F. Neue Erkenntnisse auf den Schild der Lerstorungsfreier Proffing mit dem Strucfluss // 3-rd Eur Conf. – Florence: Com Proc Techn Sess., 1984. – 5. – s. 287–303.
14. Forster F. On the Way from the «Know-how» to the «Know-why» in the Magnetic Leakage Field Method of Nondestructive Testing // Mater. Evaluation. – 1985. – 43. – no 10. – pp. 1154–1168.
15. Forster F. On the Way from the «Know-how» to the «Know-why» in the Magnetic Leakage Field. Method of Nondestructive Testing. – Mater Evaluation. – 1985. – 43. – no 11. – pp. 1398–1408.
16. Гринберг Г.А. Избранные вопросы математической теории электрических и магнитных явлений. – М.: Энергия, 1948. – с. 325.
17. Новикова И.Л. Экспериментальные исследования магнитоэлектрических полей рассеяния от поверхностных дефектов // Труды СФТП. – 1976. – Вып. 61. – С. 122–136.
18. Щербинин В.Е., Пашагин Л.И. Плотность поверхностных зарядов на гранях дефектов типа трещин // Труды ИФМ АН СССР. – 1979. – Вып. 37. – С. 54–57.
19. Шур М.Л., Загидулин Р.В., Щербинин В.Е. Расчет поля поверхностного дефекта в нелинейной ферромагнитной среде // Дефектоскопия. – 1987. – № 2. – С. 3–9.
20. Коваленко А.Н. Анализ факторов, влияющих на достоверность контроля трубопроводов магнитными дефектоскопами // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 8. – С. 30–37.
21. Уланов В.В. Расчет времени становления магнитного поля в стенке магистрального газопровода при проведении внутритрубной диагностики // Территория Нефтегаз. – 2019. – № 10. – С. 82–87.
22. Лурье М.В. Теоретические основы трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: Учебник. – М.: Издательство «Недра», 2017. – 477 с.
23. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
24. Пат. 2279670 РФ. Устройство для сохранения постоянства расхода газа при дефектоскопии газопровода/ А.Н. Коваленко, А.А. Седых, А.Д. Седых // Опубл. 10.07.2006. Бюл. № 19.

KEYWORDS: magnetic pipeline inspection gauge, defect, bypass, gas pipeline, speed, pressure, speed control device, PIG.

ГАЛС



ГАЛС



# дом 56

КВАРТИРЫ С ОТДЕЛКОЙ  
В ЦАО ОТ 18,3 МЛН ₽

📍 ЦАО, БАСМАНЫЙ РАЙОН

ПРОЕКТНАЯ ДЕКЛАРАЦИЯ НА САЙТЕ НАШ.ДОМ.РФ.  
ПОДРОБНОСТИ НА САЙТЕ HALS-DEVELOPMENT.RU.

+7 (495) 725-55-55  
HALS-DEVELOPMENT.RU

# дом 56

РАССРОЧКА 0%  
НА ГОД\*

📍 ЦАО, БАСМАНЫЙ РАЙОН

\*РАССРОЧКУ ПРЕДОСТАВЛЯЕТ ЗАСТРОЙЩИК ООО «СЗ «ГАЛС-ФРИДРИХА  
ЭНГЕЛЬСА» НА СРОК ДО 12 МЕСЯЦЕВ. ПРОЕКТНАЯ ДЕКЛАРАЦИЯ НА САЙТЕ  
НАШ.ДОМ.РФ. ПОДРОБНОСТИ НА САЙТЕ HALS-DEVELOPMENT.RU.

+7 (495) 725-55-55  
HALS-DEVELOPMENT.RU



# Диверсифицируем портфель: инвестиции в премиальную недвижимость Москвы как надежная стратегия

Вихрь изменений требует быстрых реакций, чтобы обеспечить диверсификацию и сохранность своих активов. Ликвидный портфель формируется из депозитов, акций, а также объектов недвижимости.

Инвестиции в жилую недвижимость, как и другие консервативные активы наравне с золотом, отличает стабильность, но при этом перспективы приумножения капитала здесь более предсказуемы. Выбрать правильную стратегию поможет знание контекста рынка, ретроспективных данных и потенциала локаций, актуального предложения и самих игроков – девелоперов.

## Рынок столичной недвижимости высокого класса

Рынок столичной недвижимости не знает ценовых падений – ее стоимость растет год от года. С 2018 года цена «московского элитного метра» увеличилась в 3,5 раза, а за последние два года рост цен составил 40%. Высокобюджетная недвижимость остается выгодным инструментом для инвестиций, что подтверждает высокий уровень цен на жилье. А с учетом растущего курса валют вложения в жилую недвижимость – актуальный тренд последних нескольких лет.



### Элитный рынок недвижимости

Год	Сред. цена м <sup>2</sup> , руб.
2024*	2 193 403
2023	2 266 198
2022	1 940 399
2021	1 601 383
2020	1 117 672
2019	1 007 588
2018	907 738

\* Данные на август 2024 г.

Источник: Департамент продукта и аналитики ГК «Галс-Девелопмент»

Что касается текущего года, то на сегодня доля предложений высокобюджетной недвижимости растет и в общем объеме рынка составляет уже порядка 13%. Пропорционально этому увеличивается и спрос на дорогую недвижимость – в его структуре доля высокого сегмента выросла с 6% в 2022 году до 10% в августе текущего года.

### Доля высокобюджетной недвижимости в общем объеме рынка по количеству лотов

Год	Предложение	Спрос
Август 2024	12,6%	10,3%
2023	11,5%	7,2%
2022	10,3%	6,2%

\* Данные на август 2024 г.

Источник: Департамент продукта и аналитики ГК «Галс-Девелопмент»

Объем предложений также вырос, достигнув своего максимума за последние 2,5 года. По состоянию на август этого года на рынке представлено около 6,4 тысячи лотов общей площадью более 630 тысяч кв. метров.

### Текущее предложение на рынке высокобюджетной недвижимости

Год	Кол-во лотов, шт.	Ср., кв. м
Август 2024	6363	98,9
2023	5387	99,4
2022	5262	84,4

\* Данные на август 2024 г.

Источник: Департамент продукта и аналитики ГК «Галс-Девелопмент»

## В каком районе выбрать премиальную недвижимость

Есть районы, растущие экстенсивно по объему застройки и сделок. Так, по аналитическим данным NF Group, в число лидеров по сделкам в первом полугодии этого года вошли Дорогомиловский (25%) и Пресненский (21%) районы. Более же интересны с точки зрения дефицита предложения, а значит, роста стоимости квадратного метра, локации с меньшей концентрацией новых проектов. Одним из таких районов является Басманный в Центральном округе Москвы.

При узнаваемой старомосковской атмосфере с невысокими домами классических фасадов и обилием зелени в этой локации сегодня активно формируется научно-креативная среда – здесь идет строительство технологической долины МГТУ имени Баумана и развиваются новые культурно-деловые кластеры.

Университетские районы, а именно к таким принадлежит Басманный, где находится более 10 вузов, среди которых МГТУ имени Баумана, Высшая школа экономики, МЭИ, Политех, Британская высшая школа дизайна, привлекательны для активных и образованных горожан, которым интересна прогрессивная жилая среда.

Новый премиальный жилой квартал «Дом 56» от ГК «Галс-Девелопмент» (входит в Группу ВТБ), который строится на улице Фридриха Энгельса, по своей футуристической концепции и технологическому наполнению станет идеальным местом жизни в Басманном районе и знаковым проектом во всем ЦАО. А шаговая доступность к станциям метро «Бауманская» и «Электrozаводская» сделают этот объект привлекательным для аудитории всех возрастов.

Квартал состоит из трех башен высотой в 20, 23, 27 этажей в стиле параметрического минимализма от архитектурного бюро PRIDE, того самого, которое разрабатывало концепцию застройки современного корпуса Бауманки. Фасады решены в оттенках никеля, железа и меди. Башни словно вращаются вокруг своей оси – этот визуальный «эффект закручивания» создает уникальный геометрический рисунок панорамных окон. Они же обеспечивают обилие естественного солнечного света и красивые виды на город. Всего в «Доме 56» 510 квартир.



В 20-этажной башне выполнена премиальная дизайнерская отделка квартир от бюро Bespoke Architects, которая включает установку подвесных потолков, межкомнатных дверей, встроенного освещения, укладку напольного покрытия из инженерной доски с натуральным деревом, «теплого пола», а также монтаж сантехники в мокрых зонах. Квартиры в двух других корпусах продаются без отделки.

### Форматы недвижимости под ваши задачи

Если вы инвестируете в недвижимость впервые, то отличным вариантом станет квартира, купленная для детей, которую впоследствии будет одинаково привлекательно сдавать или перепродать. Для тех, кто сразу ориентирован на полу-

чение дохода от аренды, плюс будет возможность покупки лота с дизайнерской отделкой, чтобы максимально быстро вывести квартиру на рынок.

Квартирография жилого квартала «Дом 56» начинается со студий 27 кв. м, представлена как популярными форматами с одной спальней (от 45,7 кв. м) или с двумя (63,2 кв. м), так и эксклюзивными лотами с высотой потолков 4,6 м или с личными террасами.

В «Галс-Девелопмент» отмечают, что рост стоимости лотов в жилых городских проектах компании составляет не менее 25% в год в течение первых трех лет. Квартиры с отделкой в первой башне жилого комплекса «Дом 56» почти за 11 месяцев выросли в цене на 19%, лоты без отделки за неполные 7 месяцев подорожали на 12%. Причем это совокупные показатели двух корпусов, второй – с большим количеством лотов – был выведен в продажу в апреле этого года.



Таким образом, владение высококлассной недвижимостью помогает не только защитить свой капитал, но и получить существенную прибыль при продаже актива.

Басманный район справедливо назвать пешеходным. По тихим камерным улочкам приятно пройти и до парка имени Баумана, и до набережной Яузы. Садовое кольцо находится в 3 километрах, а до сердца города, Кремля, можно мигом доехать на метро – это всего две остановки. Гулять можно и около дома – закрытый двор площадью 4 000 кв. метров с ландшафтным дизайном, площадкой для детей, лаунджем для спокойного отдыха и зоной для воркаут-тренировок придется по душе жителям разных возрастов и интересов.

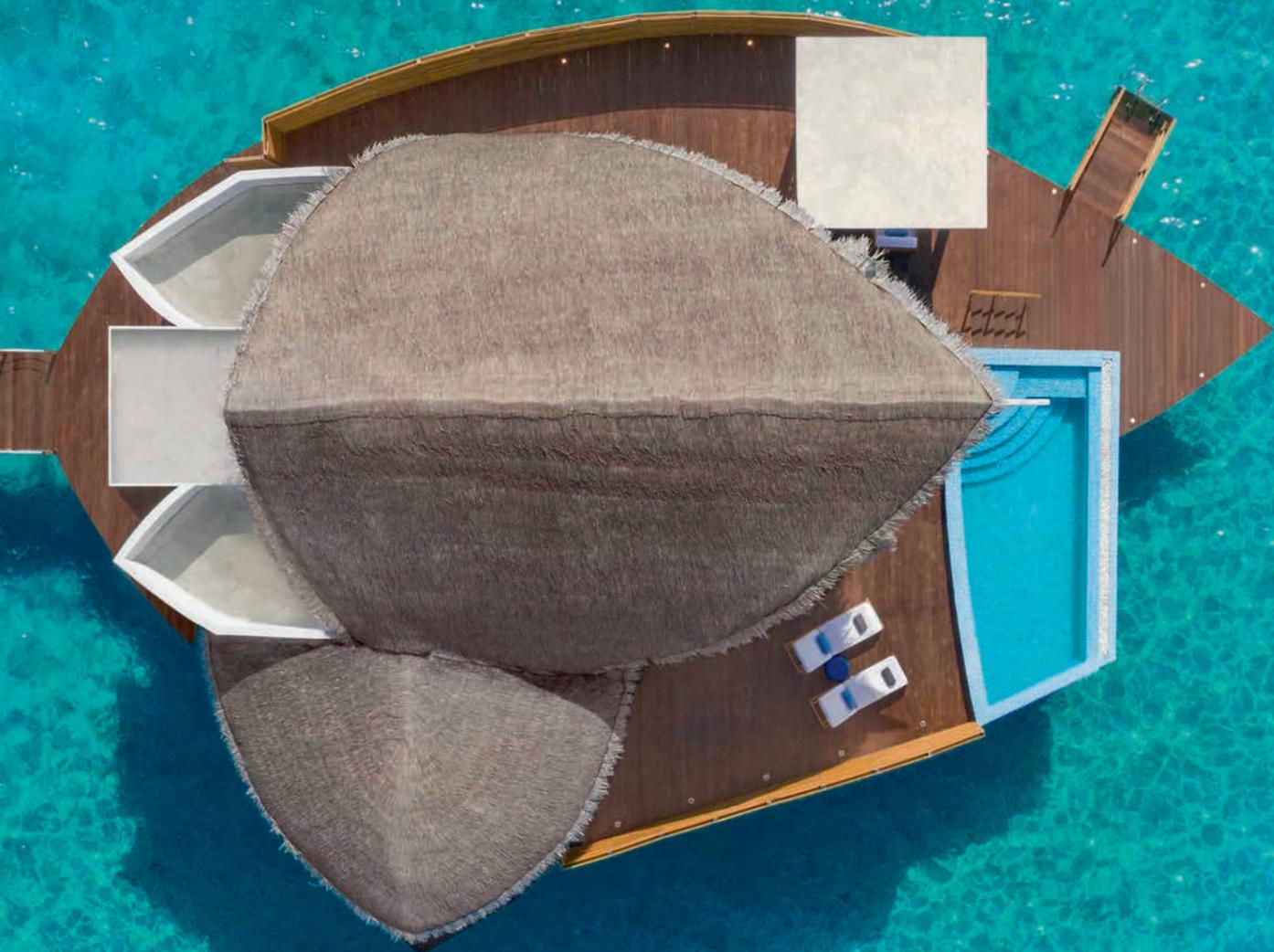
Для инвесторов, в горизонт внимания которых попадает недвижимость, приобретение лота в «Доме 56» – это прекрасные возможности сохранить и приумножить свой капитал.

Квартиры в современном проекте в историческом районе столицы привлекательны большим финансовым потенциалом и особым удовольствием наслаждаться спокойной атмосферой старого московского района и теми возможностями, которые он предлагает для досуга и активного образа жизни.

### В 2023 году «Дом 56» занял 1-е место

в инвестиционном рейтинге новостроек Москвы. В исследовании, подготовленном аналитиками консалтинговой компании «Метриум», было проанализировано 14 новых объектов по таким критериям, как уровень цен, транспортная доступность, локация и надежность застройщика.

# Лето продолжается на Мальдивах с JW Marriott Maldives Resort & Spa



Продлить теплые беззаботные дни в кругу семьи, любясь восходом солнца над океаном, мечтает каждый. В отеле JW Marriott Maldives Resort & Spa знают, как воплотить эту мечту.



Путешествие начинается сразу по прилете. Гидросамолет менее чем за час пересечет лазурные воды от аэропорта в г. Мале до атолла Шавияни, где на острове Вагару раскинулись шестьдесят потрясающих воображение вилл. Здесь и виллы с собственным бассейном, и двухэтажные виллы с двумя спальнями, и виллы с видами на закат из просторных открытых террас, и частные виллы, скрытые в зелени тропиков.

Уникальная природа, веселые и необыкновенные развлечения, изысканные рестораны и великолепие самих Мальдив – все располагает к тому, чтобы приехать в этот райский уголок с самыми любимыми.



В отеле JW Marriott Maldives Resort & Spa природным богатствам острова посвятили специальную программу «От Сада к Столу». Ее автор – шеф-повар Бир Ядав, он приглашает гостей на уникальную экскурсию по цветущему саду, изобилующему местными растениями. Участники экскурсии сами соберут шалфей, кориандр, лемонграсс, тамаринд, манго, маракуйю и приготовят из них необыкновенное блюдо. Кроме того, шеф-повар научит правильно и вкусно готовить мальдивского лобстера с салатом из свежесобранных листьев копи и салат сунумоно из морских водорослей с севиче из осьминога. Эксклюзивный кулинарный опыт будет не только полезен хозяйкам, которые удивят друзей экзотическим блюдом по возвращении домой, совместное увлечение, как ничто иное, сближает семью.

Сад на острове – это не только экскурсионный маршрут. Круглый год он поставляет свежие овощи и фрукты к столу в местные рестораны, радуя гостей отеля и знакомя их с местными кулинарными традициями. А для поклонников япон-

ской, тайской, индийской или европейской кухни на острове работают рестораны, предлагающие блюда на любой вкус.

Не уступают по уровню сервиса и развлечения. Неповторимые эмоции и незабываемые впечатления подарит подводный мир. Дайвинг станет одним из лучших совместных семейных воспоминаний. Где еще можно насладиться плаванием среди стаяк разноцветных рыб и морских черепах в кристально чистой воде, как не на Мальдивах?

Тех, кто предпочитает дикой природе комфорт и уют, порадуют два больших бассейна. Один из них расположен на оконечности острова Вагару и славится необыкновенными пейзажами. Это развлечение только для взрослых.

Но детям не стоит расстраиваться, в клубе JW Little Griffins Kids Club их ждет специальный детский бассейн с массой развлечений: огромным пиратским кораблем и творческими зонами. Недавно в клубе стартовала новая программа, посвященная заботе об окружающей среде.



Обеспечив праздник детям, стоит порадовать и себя. Гостям отеля рекомендуется посетить Spa by JW. Здесь можно остаться наедине с собой, отдохнуть с компанией друзей или воспользоваться программой спа для двоих. Восстановить силы после насыщенного дня или зарядиться бодростью утром можно также в павильоне для йоги и фитнес-зале.

Мальдивский курорт JW Marriott Maldives Resort & Spa, участвующий в программе лояльности Marriott Bonvoу, приглашает своих гостей воспользоваться предложением Beyond Ordinary, чтобы отправиться в незабываемое путешествие с семьей или компанией друзей.



Программа лояльности предоставляет участникам возможность получать разнообразные услуги в отелях по всему миру, а заработанные баллы можно потратить на оплату проживания, услуги Marriott Bonvoу Moments или на покупку товаров в Marriott Bonvoу Boutiques®.



РЕКЛАМА



Бутик-отель «Родники» расположен в одном из живописнейших мест Подмосковья. Объятый густым сосновым лесом, где слышно пение птиц, а воздух наполнен хвойным ароматом, он воплощает мечту об идеальном отдыхе на природе. От Москвы «Родники» отделяет всего 80 километров, а безупречный пятизвездочный сервис дает возможность полностью расслабиться, без оглядки на городские дела и заботы

Главная особенность отеля, помимо близости к Москве и аромата сосен, – это номера в ассиметричных дизайнерских виллах с панорамными окнами, благодаря которым вид на природу открывается прямо из вашей спальни. Каждая из шести двухэтажных вилл поделена на два номера: одноэтажный люкс площадью 155 кв. метров с одной спальней и двухэтажный съют площадью 170 кв. метров с двумя спальнями. При желании их можно объединить и комфортно разместиться большой семьей или компанией.



Современные минималистичные интерьеры номеров с итальянской мебелью, обилием дерева и камня словно являются продолжением окружающего ландшафта. Гармоничное сочетание фактур, форм, узоров и цветов подчеркивает идею единения с природой. Уютные спальни с балконами, гостиные с живым камином и кухонной зоной, просторные гардеробные и ванные комнаты, а также индивидуальные для каждого номера террасы с видом на сад – все пространство номеров пронизано «заботливыми» деталями, начиная от теплых полов и заканчивая косметикой премиальных брендов.

На территории также есть уютный ресторан с высокими потолками и завораживающим видом на лес и фонтан. Здесь сервируют разнообразные завтраки со свежей выпечкой и продуктами от фермеров. На обед и ужин готовят любимые гостями блюда русской и международной кухни: пирожки и карпаччо, уху и ризотто, утиную грудку и каре барашка. Высокий уровень гастрономии поддерживает скрупулезно составленная винная карта, в которой можно найти даже 25-летнее Chateau Margaux и тосканскую Sassicaia.

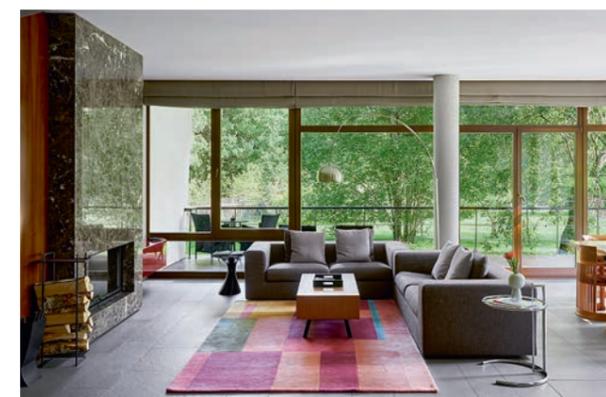


Романтику загородного отдыха в «Родниках» продолжает банный комплекс с финской сауной и японской баней фурако, а также спа-центр, где гостям предлагают широкий выбор уходовых и расслабляющих процедур, включая парение в кедровой фитобочке, пилинг, обертывание и стоунтерапию с массажем горячими и холодными камнями.

Впрочем, инфраструктура отеля позволяет не только приезжать сюда на отдых, но и проводить в «Родниках» корпоративные мероприятия. В номерах могут комфортно разместиться до 36 человек. При этом все гости получают индивидуальную скидку 10% на проживание в отеле в течение следующего года. Также участникам деловых мероприятий предоставляется вместительная парковка и полностью оснащенная зона конференции с проектором.



Для компаний и гостей, предпочитающих активно проводить время, в «Родниках» есть тренажерный зал, инвентарь для скандинавской ходьбы, спортивные площадки для игр в футбол, баскетбол, волейбол, бадминтон, пинг-понг, хоккей, ледовый каток, а также все условия для занятий йогой и пилатесом, включая идеально подстриженные зеленые лужайки и тишину, прерываемую лишь пением лесных птиц.



Удачное расположение Бутик-отеля «Родники» обусловлено не только чарующей природой, но и непосредственной близостью к городам «Золотого кольца»: Сергиеву Посаду, Переславлю Залесскому, Ростову, Владимиру, Суздалию и Ярославлю. По любому из этих старинных городов по запросу отель организует экскурсию с трансфером и гидом. Гостям остается лишь наслаждаться увлекательным путешествием в сочетании с безмятежно счастливым отдыхом в Бутик-отеле «Родники», прекрасном в любое время года.

# РАЗВИТИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ в Арктическом бассейне

В 2021 ГОДУ НАЧАЛАСЬ ПРОКЛАДКА ПОДВОДНОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ ПОРТ МУРМАНСК – ПОРТ ВЛАДИВОСТОК ПРОТЯЖЕННОСТЬЮ 12 650 КМ В РАМКАХ ТРАНСАРКТИЧЕСКОГО ПРОЕКТА «ПОЛЯРНЫЙ ЭКСПРЕСС». ПРОЕКТ НАЦЕЛЕН НА РАЗВИТИЕ ПОРТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ И ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ РЕГИОНА. РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА ДОЛЖНА ПОЗВОЛИТЬ НЕ ТОЛЬКО РАЗВИТЬ ПОРТОВУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ НА ТРАССЕ СМП С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КОММУНИКАЦИЙ, НО И СОЗДАТЬ ЦИФРОВУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ ДЛЯ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ В АРКТИКЕ И РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКИ, А ТАКЖЕ ПОДКЛЮЧИТЬ К ПРОЕКТИРУЕМОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ РАЙОНЫ АРКТИЧЕСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА, ГДЕ НА ДАННЫЙ МОМЕНТ СУЩЕСТВУЕТ ТОЛЬКО СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ, А ТАКЖЕ РЕШИТЬ РЯД ДРУГИХ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

*THE CONSTRUCTION OF A 12,650 KM UNDERWATER FIBER-OPTIC LINE FROM THE PORT OF MURMANSK TO THE PORT OF VLADIVOSTOK BEGAN IN 2021 AS PART OF THE TRANS-ARCTIC PROJECT "POLAR EXPRESS". THE PROJECT IS AIMED AT DEVELOPING THE PORT INFRASTRUCTURE OF THE NORTHERN SEA ROUTE AND FORMING A DIGITAL ECOSYSTEM IN THE REGION. THE IMPLEMENTATION OF THE PROJECT SHOULD ALLOW NOT ONLY TO DEVELOP THE PORT INFRASTRUCTURE ALONG THE NORTHERN SEA ROUTE IN TERMS OF ELECTRONIC COMMUNICATIONS, BUT ALSO TO CREATE A DIGITAL INFRASTRUCTURE FOR THE PRODUCTION AND TRANSPORTATION OF HYDROCARBONS IN THE ARCTIC AND SOLVING GEOLOGICAL EXPLORATION PROBLEMS. THIS WILL ALSO ALLOW TO CONNECT THE AREAS OF THE ARCTIC COAST AND THE FAR EAST TO THE DESIGNED COMMUNICATION LINE, WHERE ONLY SATELLITE COMMUNICATIONS EXIST AT THE MOMENT, AS WELL AS TO SOLVE A NUMBER OF OTHER URGENT PROBLEMS*

**Ключевые слова:** Арктика, волоконно-оптические линии связи, Северный морской путь, оптоволоконные пары, тропосферные радиорелейные линии связи.

## Митько Арсений Валерьевич

президент Арктической общественной академии наук, доцент ВНИИМ имени Д.И. Менделеева, доцент СЗИУ РАНХ и ГС, доцент Санкт-Петербургского государственного университета, к.т.н.

Для России с ее огромными просторами и Арктики с ее климатом и масштабами обеспечение связи и информированности населения играет особую роль. Задачи по прокладке оптоволоконной линии сегодня сравнимы с самыми масштабными проектами Советского Союза по обеспечению связи в Арктике. Задача обеспечения полярных территорий России средствами связи ставится не впервые.

Как сейчас государство формирует новый телекоммуникационный контур, в конце 60-х вдоль побережья Северного Ледовитого и Тихого океанов, рек Обь, Енисей и Лена была развернута стратегическая тропосферная радиорелейная линия (ТРРЛ) связи «Север» протяженностью 13 200 км. В ту пору спутниковые коммуникации еще только делали первые шаги, а отечественные технологии подводных кабельных линий были еще более скромными. На этом фоне ТРРЛ «Север» на базе оборудования «Горизонт-М» выглядела как одно из выдающихся достижений не только советской, но и мировой радиоэлектроники. ТРРЛ проходила через города Амдерма, Тикси, Диксон, Певек, Анадырь. Эта линия была закрыта в 2003 году, и с тех пор вопрос с обеспечением связи в Заполярье, Сибири и на Дальнем Востоке становился все более острым. Появился ряд отечественных проектов подводных волоконно-

УДК 621.39

оптических линий связи {ПВОЛС} для Арктического бассейна. К этому подталкивает не только объективная необходимость такого решения для труднодоступных регионов страны, но и накопленный зарубежный опыт.

В 2021 году началась прокладка подводной волоконно-оптической линии связи порт Мурманск – порт Владивосток протяженностью 12 650 км в рамках проекта «Полярный экспресс». Проект реализуется в соответствии с Указом Президента РФ от 26.10.2020 г. № 645 «О стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года». Его стоимость составляет около \$ 1 млрд, проект финансируется из госбюджета и должен быть реализован в 2026 году.

Проект нацелен на развитие портовой инфраструктуры Северного морского пути и на формирование цифровой экосистемы региона.

По трассе Северного морского пути головным исполнителем по строительству трансарктической ПВОЛС определено АО «Управление перспективных технологий» (далее УПТ). Оператором строящейся трансарктической подводной волоконно-оптической линии связи (далее ПВОЛС) является компания «Морсвязьспутник».

Глава «Росморпорта» Александр Смирнов отметил, что в Арктической зоне страны работают 18 портов, а на Дальнем Востоке действуют 22 порта. «Для функционирования этих объектов необходим надежный канал связи», – сказал он, подчеркнув, что спутниковая связь обеспечить это не может.

Президент России поставил задачу в течение пяти лет увеличить объем грузоперевозок по Северному морскому пути (СМП) в четыре раза – с 20 до 80 млн тонн. По ледовой трассе планируется перевозить нефть, сжиженный газ, контейнеры, металлы, уголь.

По оценкам Российской Академии наук (далее РАН), в Арктической зоне сконцентрировано 40% российских запасов золота, 60% нефти, 60–90% газа, 100% коренных месторождений

алмазов. Стоимость минерального сырья наших арктических недр превышает \$0 трлн.

Реализация проекта должна позволить не только развить портовую инфраструктуру на трассе СМП с точки зрения электронных коммуникаций, но и создать цифровую инфраструктуру для добычи и транспортировки углеводородов в Арктике и решать задачи геологоразведки. А также можно будет подключить к новой линии связи районы арктического побережья и Дальнего Востока, где на данный момент есть только спутниковый интернет, и решить ряд других актуальных вопросов.

Предполагаемая стоимость проекта в докризисных ценах составляла 65 млрд руб. Как пояснил гендиректор «Морсвязьспутника» Андрей Куропятников, эти средства предоставит государство, но данная сумма не учитывает возможность международного развития и строительства дополнительных ответвлений. Предполагается, что линии до населенных пунктов будут строиться, в том числе, за счет средств заказчиков услуги доступа в интернет.

Задачи окупить затраты не ставится, но поддержание и дальнейшее развитие линии должно финансироваться за счет средств, полученных от коммерческих заказчиков. Гендиректор УПТ Алексей Стрельченко отметил, что в первую очередь проект нацелен на подключение государственных, административных структур, обеспечение жителей интернетом, то есть на решение социальных задач.

Однако за счет того, что при проектировании линии закладывается избыточная емкость, услуги можно будет оказывать и коммерческим заказчикам, а в дальнейшем развивать транзит международного трафика. По словам главы «Морсвязьспутника», компанией проводятся переговоры о возможности присоединения линии к международным кабельным системам, но с какими компаниями, пока не сообщается.

На морском участке ПВОЛС используется специализированный подводный кабель, который имеет шесть пар оптических волокон (ОВ)

и токопроводящий элемент для электропитания подводных оптических усилителей.

Каждая пара ОВ имеет свое предназначение. Две пары ОВ используются для организации прямой связи на магистральном участке порт Мурманск (Териберка) – порт Владивосток протяженностью 12 650 км. Проектом предусмотрена организация 10 точек выхода на берег (береговых станций) от порта Мурманск до порта Владивосток.

Две пары ОВ будут служить для организации независимых ответвлений к промежуточным объектам в населенных пунктах Амдерма, Диксон, Тикси, Певек, Анадырь, Петропавловск-Камчатский и Южно-Сахалинск. И еще две пары ОВ предназначены для организации магистрального резерва на перспективу развития всей сети связи. Пропускная способность всей линии составит 52–104 Тбит/с.

Кабель, выдерживающий температуру от -50 до +50 °С, планируется проложить с заглублением в 1,5 метра. На трассе будет установлено 150 оптических ретрансляторов.

Электропитание ПВОЛС на всех участках будет осуществляться с двух сторон, так что обрыв кабеля или выход из строя ретранслятора не выведут из строя всю линию, а позволяют работать самостоятельно двум участкам трассы.

Электроэнергия для работы линии поступает в трех точках – гг. Териберка, Певек и Владивосток. В порту Певек в дополнение к Чаунской ГРЭС работает плавучая атомная электростанция (ПАТЭС) «Академик Ломоносов» проекта 20870. Электрическая мощность ПАТЭС 70 МВт, и она сможет гарантированно запитать и ПВОЛС.

В процессе прокладки будет задействована группа специализированных судов УПТ, выполняющих морские изыскания, гидрографические и гидрологические исследования, а также подводно-технические работы, включая расчистку маршрута и прокладку волоконно-оптической линии связи с заглублением в грунт.

В состав флота входят девять судов, в том числе два судна специального назначения



(кабельные суда), два судна обеспечения; два научно-исследовательских судна; одно многоцелевое судно, один буксир и один катер для проведения водолазных работ.

Кабельные суда проекта 15310 (Вятка и Волга), создаваемые для ВМФ, могут работать в полярных широтах. Водоизмещение кабелеукладчика – около 8000 тонн, длина порядка 140 м, ширина 19 м, осадка 4 м. Они способны брать на борт до 5 тыс. тонн грузов. Автономность работы судна – до двух месяцев.

В июле 2021 года в Мурманской области начал работать первый в России завод по производству кабелей для ПВОЛС. Завод создаст в перспективе до 300 рабочих мест для жителей региона.

По словам генерального директора УПТ Алексея Стрельченко, в настоящий момент планируется установить первую очередь производства кабеля – это порядка 150 км в месяц. «Соответственно, в год около 2000 км. Далее мы хотим дойти до 3000 км кабеля в год», – отметил он. Кабель этот специфический, бронированный, весит около 2 тонн на километр. По мере изготовления он будет сразу грузиться на суда для его перевозки.

Кабельные суда проекта 15310 (Вятка и Волга), создаваемые для ВМФ, могут работать в полярных широтах. Водоизмещение кабелеукладчика – около 8000 тонн, длина порядка 140 м, ширина 19 м, осадка 4 м. Они способны брать на борт до 5 тыс. тонн грузов. Автономность работы судна – до двух месяцев

В последние годы реализуются три отечественных проекта ПВОЛС для Арктического бассейна. Это – «Северное сияние», Arctic Connect и «Полярный экспресс». К этому подталкивает не только объективная необходимость такого решения для труднодоступных регионов страны, но и накопленный зарубежный опыт.

Аналогичная ПВОЛС в 2010-е годы уже проложена в Северной

Америке по проекту компании Quintillion вдоль побережья Аляски. Протяженность ПВОЛС Quintillion составляет 2575 км. Она в пять раз короче отечественного проекта и расположена заметно южнее нашей линии по 71 град. северной широты («Полярный экспресс» пройдет вдоль 78 градуса северной широты).

Линия в США рождалась непросто – с задержками по времени, со скандалами среди акционеров и судебными процессами. Но сейчас она построена, имеет свыше 10 тыс. клиентов среди компаний, учреждений и частных лиц.

До недавнего времени фаворитом гонки трех систем ПВОЛС был международный коммерческий проект Arctic Connect, который предусматривает строительство ПВОЛС из Европы в Азию с пропускной способностью 200 Тбит/с и протяженностью 10 тыс. км по дну Северного Ледовитого океана по маршруту СМП.

Его с 2019 года осуществляет консорциум трех компаний – российского провайдера «МегаФона», финского инфраструктурного оператора Cinea Oy и японской торгово-инвестиционной компании Sojitz Corporation. Стоимость строительства Arctic Connect оценивалась приблизительно в \$0,8–1,2 млрд.

Однако сейчас этот проект заморожен, предположительно, из-за сложной позиции японского инвестора.

Сейчас явным лидером стал госпроект «Полярный экспресс», к которому уже присоединились компании МТС, «Атомэнергпром» и «Единство» (ГК «Норникель»). Важнейшим событием здесь было подписание соглашения о сотрудничестве между

«Росатомом», который является оператором Севморпути, и фирмой «Морсвязьспутник» – оператором ПВОЛС «Полярный экспресс».

ГК «Росатом» де-факто стала ключевым инфраструктурным игроком в Арктике, а потому партнерства с ней добивалась и компания «Супертел» из Санкт-Петербурга, которая инициировала третий проект подводной ВОЛС в Арктике – «Северное сияние». Обретя финансового партнера в лице банка «Россия», инициаторы «Северного сияния» стали искать и мощного государственного партнера.

Узнав о вхождении «Росатома» в проект «Полярный экспресс», глава фирмы «Супертел» Константин Лукин сказал изданию ComNews, что наиболее логичным развитием ситуации ему видится объединение «Северного сияния» с этим проектом. «Производитель подводных оптических усилителей в России пока один – «Супертел», – привел он один из аргументов за объединение проектов.

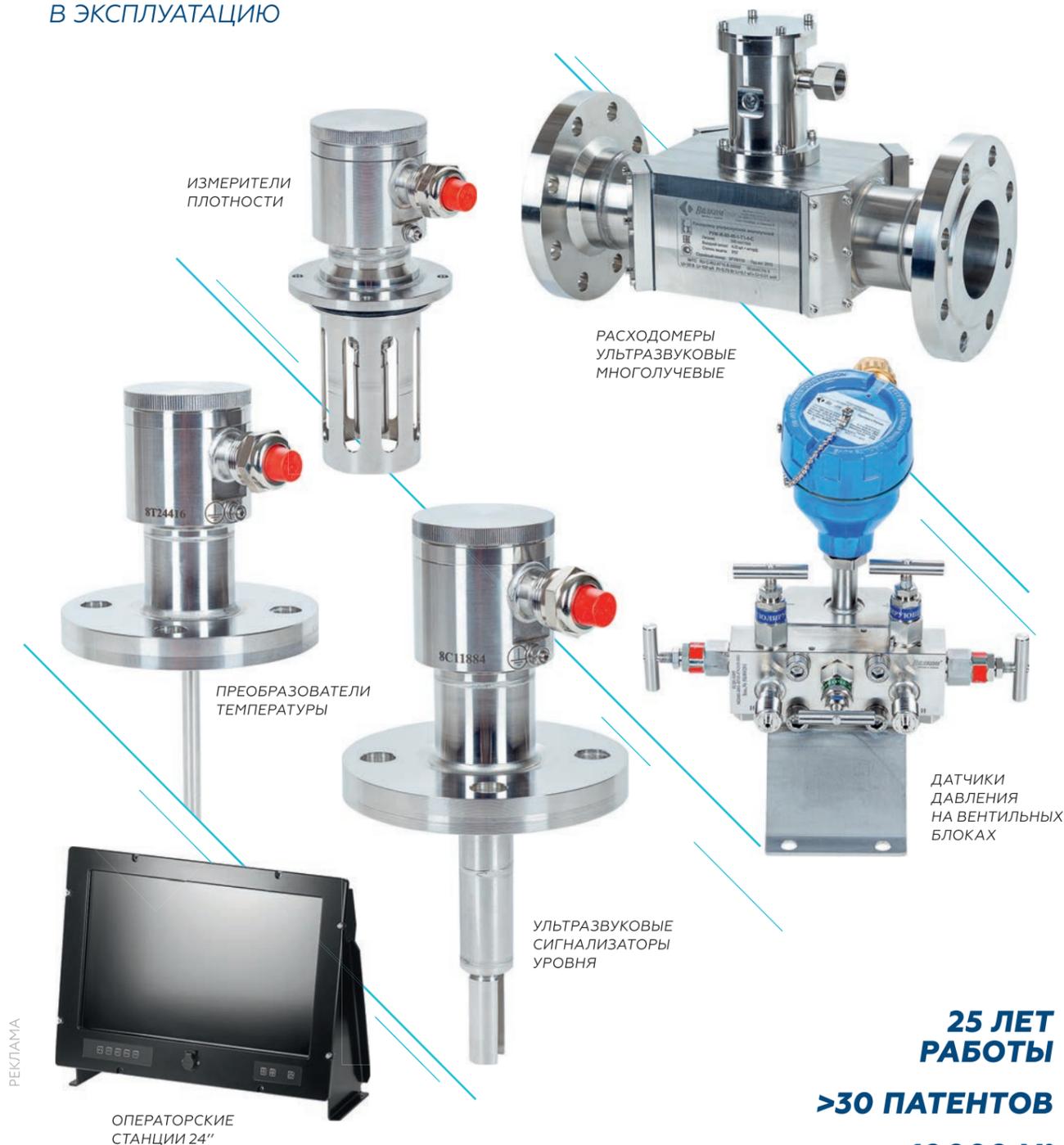
Так что не исключено, что из трех проектов строительства трансарктической ПВОЛС вдоль трассы Северного морского пути на плаву может оказаться только один – «Полярный экспресс», реализуемый в порядке государственной инициативы и на бюджетные деньги.

Развитие ПВОЛС в Российской Арктике является жизненной необходимостью. Это связано со всем блоком цифровой трансформации в государственных и муниципальных услугах, финансовом секторе, медицине, образовании. Для многих это стало обыденностью в городах, во многих поселениях в Арктике, с весьма дорогостоящей возможностью реализации. Оптоволокно по качеству, скорости, цене несравнимо со спутниковой связью. Таким образом, возможно снижение оттока населения, особенно молодежи, потому что развитие информационных систем (Интернет и интеллектуальные системы), по сути, определяет новое качество жизни. ●

KEYWORDS: Arctic, fiber-optic communication lines, the Northern Sea Route, fiber-optic pairs, tropospheric radio relay communication lines.

## ДАТЧИКИ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

ПОЛНЫЙ ЦИКЛ РАБОТ: ОТ РАЗРАБОТКИ ДО ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ



25 ЛЕТ РАБОТЫ

>30 ПАТЕНТОВ

10000 М<sup>2</sup> ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ

ПОДТВЕРЖДЕННОЕ КАЧЕСТВО

valcom.ru



## Оптимизация перфорации

Для обеспечения гидродинамического соединения пласта со скважиной обсадные трубы перфорируют. Однако в результате этих работ может снижаться проницаемость прискважинной зоны пласта, а вместе с тем – и эффективность добычи углеводородов. Ученые ПНИПУ изучили, как формирование и расположение щелевых каналов при перфорации влияет на проницаемость пород-коллекторов. Для исследования выбрали струйно-абразивную перфорацию, которая считается наиболее щадящим методом для сохранения начальной проницаемости горных пород. Посредством численного и аналитического моделирования выяснили, что расстояние между структурами щелевых каналов не имеет значения, поскольку при стандартных схемах они слабо взаимодействуют друг с другом по высоте. Ученые установили, что наилучшей схемой их размещения является система из четырех отверстий, сдвинутых по длине скважины на высоту щелевого канала. Также технология дает возможность ориентировать каналы перфорации и за счет этого подготовить скважину к направленному ГРП с учетом всех его особенностей для интенсификации добычи.

## Гибридная электроника для БПЛА

В НИУ МЭИ успешно завершена разработка компонентов гибридной силовой установки для тяжелого беспилотного воздушного судна ОАК-ОКБ Сухого, известного как БПЛА С-76. Аппарат оснащен восемью винтами для вертикального взлета и посадки, которые приводятся в движение электрическими двигателями через силовые полупроводниковые преобразователи, созданные учеными МЭИ. Был использован силовой преобразователь с микроконтроллерной системой управления и инвертором на основе IGBT, позволяющий преобразовывать постоянное напряжение аккумулятора в переменное для питания электродвигателей. Каждый винт обладает мощностью в 100 кВт. Управление преобразователем осуществляется от полетного контроллера по авиационному цифровому протоколу ARINC-825 с резервированием канала связи. Для горизонтального полета предусмотрен бензиновый маршевый двигатель, размещенный в хвостовой части фюзеляжа. Крейсерская скорость достигает 180 км/ч, а максимальная высота полета – 4000 м, радиус полета без дозаправки составляет 500 км, а дальность полета с грузом в 200 кг превышает 1000 км.

## Ускорение добычи высоковязкой нефти

Электрические центробежные насосы в скважине не всегда выдерживают высокую нагрузку, поэтому существуют ограничения по максимально допустимой вязкости перекачиваемой жидкости. Ученые ПНИПУ разработали трехмерную математическую модель для изучения процессов теплопереноса в скважине. Это позволяет оценить распределение температуры в скважине и предпринять необходимые меры для снижения вязкости и отсутствия отложений. Модель ученых Пермского Политеха, в отличие от предшествующих, трехмерна и содержит область с перфорированной трубой. Политехники определили, что наибольшей скорости нефть достигает вблизи перфорированных отверстий около нагревателя и центробежного насоса, а наименьшей вязкости – в центре потока и рядом с устройством. Расчеты позволили вычислить необходимую длину нагревателя, которой будет достаточно для обеспечения стабильной перекачки жидкости. Политехники сравнили несколько аппаратов разной мощности и длины. Изменение температуры показало, что нагрев нефти устройством длиной в 1 м протекает быстрее на участке от 0 до 2 м, поскольку удельная мощность у этого нагревателя выше.

## Сверхкритическая вода для повышения нефтеотдачи

Ученые Казанского федерального университета создали кинетическую модель для описания процессов конверсии органических сланцев при термохимическом воздействии в присутствии различных катализаторов. Нефтераставимые катализаторы повышают эффективность генерации синтетической нефти из сланцев баженовской свиты в условиях субкритической и сверхкритической воды. Наличие лигандов на основе природных масел в составе прекурсоров катализаторов оказывает положительный экономический и экологический эффект при их применении на нефтяных месторождениях. Результаты моделирования продемонстрировали, что применение катализаторов на основе таллового масла увеличивает конверсию сланца, подавляя вторичные реакции крекинга синтетической нефти в большей степени, чем другие оцениваемые катализаторы. Выявленная селективность позволяет повышать добычу синтетической нефти и понизить получение нежелательных побочных продуктов. В дальнейшем созданная кинетическая модель позволит подобрать необходимый вид катализаторов, спрогнозировать природу реакций и расход реагентов.

## Насадка для нефтехимии

Ученые Московского политехнического университета разработали насадку для массообменных колонн, широко используемых в химической и нефтехимической промышленности. Она отличается значительно меньшим сопротивлением потоку жидкости или газа. Это важное преимущество, особенно для вакуумных колонн, где низкое сопротивление критично для эффективной работы. Конструкция представляет собой многослойные блоки с вертикальными гофрированными пластинами, установленными параллельно друг другу с небольшими промежутками на специальных разделительных стержнях. Такое устройство обеспечивает оптимальное распределение потоков жидкости и газа внутри колонны. Особенность новой насадки – использование «концевых эффектов». Из-за небольшой высоты каждого слоя насадки пленка жидкости часто прерывается и обновляется, создавая больше зон завихрений. Это улучшает обмен веществами между жидкостью и газом. Часть деталей изготовили из отходов производства пластинчатых теплообменников, а также использовали 3D-печать, что позволяет быстро изменять конструкцию под разные условия работы.

## Высокотемпературная сверхпроводимость

Ученые МИФИ в составе международной команды провели эксперимент, результаты которого могут поставить точку в объяснении феномена высокотемпературной сверхпроводимости. При очень низких температурах в импульсном пространстве электроны образуют связанные пары, они не рассеиваются на дефектах и примесях, что гарантирует току нулевое сопротивление. Эта теория работает для низкотемпературной, но не высокотемпературной сверхпроводимости. Ученые обратили внимание, что в системах на основе бария и висмута в пары связываются не только электроны, но и «дырки» (образующиеся после того, как электрон покидает атом). При резонансном разрушении спаренности электронов и дырок должны кардинально измениться спектры рентгеновского поглощения освободившихся носителей зарядов. Эксперимент стал возможен после того, как был построен Европейский рентгеновский лазер на свободных электронах EuXFEL. Ученые впервые получили прямое доказательство существования спаривания носителей заряда в реальном пространстве. Результаты эксперимента приближают науку к пониманию природы высокотемпературной сверхпроводимости.





Экспонат на ПМГФ-2023



Участники ПМГФ-2023



Посетители ПМГФ-2023



Станд компании AURUS на ПМГФ-2023



Посетители ПМГФ-2023



Участники выставки Нефтегаз-2024



Станд компании Нео-Кемикал на выставке Нефтегаз-2024



Станд компании Suroil на выставке Нефтегаз-2024



Станд компании ФракДжет-Волга на ПМГФ-2023



Импортозамещающее оборудование на выставке Нефтегаз-2024



Макет на стенде Sinopec на выставке Нефтегаз-2024



Посетители выставки Нефтегаз-2024



Станд компании Грасис на ПМГФ-2023



Посетители выставки Нефтегаз-2024



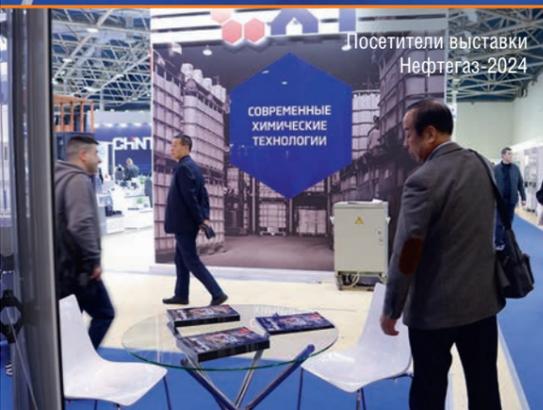
Участники выставки Нефтегаз-2024



Станд компании Валком на ПМГФ-2023



Участники выставки Нефтегаз-2024



Посетители выставки Нефтегаз-2024



Станд компании Газпром Флот на ПМГФ-2023



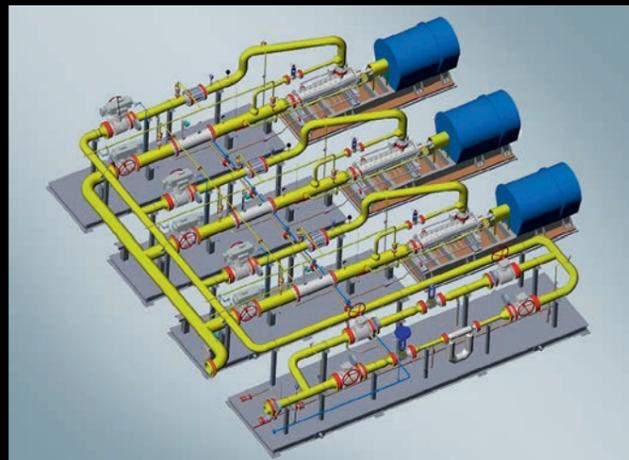
Экспонаты выставки Нефтегаз-2024

# АРМАТУРНЫЙ БЛОК ПОДГОТОВКИ ГАЗА

## 1. Оборудование и инструмент в НГК

1.2 Оборудование для транспортировки нефти и газа

1.6 Общее и сопутствующее оборудование для нефтегазового комплекса



Арматурный блок подготовки газа предназначен для редуцирования и поддержания заданного давления природного осушенного газа, подготовленного в соответствии с требованиями ГОСТ 5542.

Осушенный газ используется:

- в качестве топлива в котельных, газодизельных электростанциях, подогревателях антифриза и газового конденсата, в устройствах факельных горелочных, дежурных горелок факелов;
- с целью вытеснения воздуха из конденсатопровода.

Область применения – установки комплексной подготовки газа, компрессорные станции, газоперерабатывающие заводы и др.

Режим работы изделия – круглогодичный, непрерывный в течение суток. ●

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Параметр	Значение
Сжигаемая среда	Углеводородные, горючие газы
Давление сжигаемой среды, МПа	0,01...06
Расход сжигаемой среды, м³/час	1,6...700 000
Топливный газ	Природный газ по ГОСТ 5542
Давление топливного газа, м³/час	0,05...02
Расход топливного газа на одну дежурную горелку, м³/час:	
• электроискровой розжиг	2...4
• система розжига «бегущий огонь»	4...11
Высота факельной установки, м	10...120
Диаметр ствола факельной установки, мм	325...2000
Электрическое питание	400/230 В, 50 Гц
Суммарно потребляемая электрическая мощность, кВт:	
• электрический розжиг	1,5
• система розжига «бегущий огонь»	1,0
Температура эксплуатации, °С	-60...+100
Срок службы ствола и оборудования, лет, не более	30
Срок службы оголовка, лет, не более	10
Контроль пламени	Термопара, ионизационный зонд

# КАЛЕНДАРЬ СОБЫТИЙ

2–4 октября

28-й  
Дальневосточный  
энергетический  
форум

**НЕФТЬ  
И ГАЗ  
Сахалина**

г. Южно-Сахалинск

**ОКТАБРЬ**

П		7	14	21	28
В	1	8	15	22	29
С	2	9	16	23	30
Ч	3	10	17	24	31
П	4	11	18	25	
С	5	12	19	26	
В	6	13	20	27	

8–11 октября

Петербургский  
международный газовый  
форум

**ПМГФ-2024**

г. Санкт-Петербург

8–11 октября

Выставка и конференция

**OMR2024. Арктика.  
Судостроение.  
Шельф**

г. Санкт-Петербург

14–16 октября

Выставка нефтяной и газовой  
промышленности

**NAPEC 2024**

Алжир, Оран

23–25 октября

Международная выставка природного  
и сжиженного нефтяного газа

**FIGAS & VENIGAS 2024**

Перу, Лима, Centro de Convenciones Jockey Plaza



**А. Лихачев**

Новый вариант проекта генсхемы подразумевает массивный, мощный приход атомной энергетики на Дальний Восток



**А. Чекунов**

За десять лет темп прироста инвестиций в основной капитал на Дальнем Востоке в три раза выше, чем в среднем по России



**С. Глазьев**

Несправедливость нынешней валютно-финансовой системы очевидна... Она становится инструментом мировой гибридной войны



**Г. Гусейнов**

Объем грузов, которые формируются в Арктической зоне, ежегодно растет



**А. Шохин**

Рост ВВП – действительно свершившийся факт



**А. Козлов**

Развитие севера Красноярского края всецело зависит от проекта «Восток Ойл»



**И. Шувалов**

Денег на Дальнем Востоке становится больше



**С. Цивилев**

Потребитель ничего не почувствует



**С. Хан**

Мы на хранении газа не зарабатываем



**Ведущая технология защиты от избыточного давления с использованием аэрокосмических разработок**



**Переключающий клапан серии НТКН-В**  
Размеры: 1"-18"  
Диапазон давления: 150 ~ 1500 фунтов  
Диапазон температур: -196° С ~ +538° С



**Пружинный предохранительный клапан с прямой нагрузкой серии НТО/В НТДО/В**  
Размеры: 1" D2"-20" BB24"  
Диапазон давления: 150 ~ 2500 фунтов  
Диапазон температур: -196° С ~ +816° С



**Линейная заглушка быстрого действия серии НТЛВ**  
Размеры: 1/2"-48"  
Диапазон давления: 150 ~ 2500 фунтов  
Диапазон температур: -196° С ~ +650° С



**Клапан сброса давления при гидроударе серии НТСЖ (сертифицирован Saudi Aramco)**  
Размеры: 2"-16"  
Диапазон давления: 150 ~ 900 фунтов  
Диапазон температур: -40° С ~ +320° С



**Пилотный предохранительный клапан модуляционного типа серии НТХД**  
Размеры: 1" X2"-10" X14"  
Диапазон давления: 150 ~ 2500 фунтов  
Диапазон температур: -196° С ~ +538° С



**Устройство сброса давления игольчатого разрушительного типа серии НТБП (сертифицировано Saudi Aramco)**  
Размеры: 1"-78"  
Диапазон давления: 150 ~ 900 фунтов  
Диапазон температур: -196° С ~ +538° С



**ВАРТЕЕС LTD**  
Beijing Aerospace Petrochemical Technology and Equipment Engineering Corporation Limited

Адрес: Китай, г. Пекин, район Дасин, Пекинская зона экономического и технического развития, третья улица Тайхэ, № 2  
Вебсайт: en.safetyvalvechina.com

e-mail: chenxy3@calt11.cn  
Тел.: +86-13811709811 +86-10 87094555  
Факс: +86-10 87094561  
Почтовый индекс: 100176

# ИНГОССТРАХ

Просто быть уверенным

## Страхование ПЛАРН

Финансирование мероприятий, предусмотренных **планом предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов**

- Соответствие требованиям Росприроднадзора и статье 46 ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды»
- Индивидуальные программы страхового покрытия



Подробная информация  
по QR-коду или  
на сайте [ingos.ru](http://ingos.ru)

ОГРН 1027739362474. 115035,  
г. Москва, ул. Пятницкая, д. 12, стр. 2.  
СПАО «Ингосстрах». Лицензии  
ЦБ РФ СИ № 0928, СЛ № 0928,  
ОС № 0928-03, ОС № 0928-04,  
ОС № 0928-05, ПС № 0928  
от 23.09.2015. Реклама.

[ingos.ru](http://ingos.ru)  
8 495 234 36 23  
[osoo@ingos.ru](mailto:osoo@ingos.ru)